

CEFIN Working Papers

No 5

*Model risk and techniques for controlling
market parameters*

The experience in Banco Popolare

by M. Bonollo, D. Morandi, C. Pederzoli, C. Torricelli

October 2007

Model risk e tecniche per il controllo dei market parameter

L'esperienza di Banco Popolare

Bonollo M.^{1,2}, Morandi D.⁵, Pederzoli C.^{3,2}, Torricelli C.^{4,2}

1. Applicazioni Rischio e Controllo Finanza – Banco Popolare (BP)
2. Centro Studi Banca e Finanza (CEFIN), Università di Modena e Reggio Emilia
3. Dipartimento di Metodi Quantitativi per le Scienze Economiche e Aziendali, Università degli Studi Milano-Bicocca
4. Dipartimento di Economia Politica, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia
5. Engineering Ingegneria Informatica SPA

Sunto

La diffusione di modelli interni per la misurazione e gestione del rischio di mercato, in concomitanza con la discussione relativa a Basilea II, promuove il miglioramento delle pratiche di risk management ma allo stesso tempo introduce il cosiddetto model risk. Alla luce delle diverse questioni ancora aperte relativamente al rischio di mercato, questo lavoro si pone due obiettivi. Il primo è quello di offrire un'analisi formale del model risk, volta a chiarire gli aspetti quantitativi e ad illustrare l'architettura di un processo di controllo adeguato per questo tipo di rischio. Un punto importante di tale architettura è il processo di controllo dei cosiddetti market parameter, che costituisce il tema principale del presente lavoro e si articola in due fasi: la definizione delle fonti e delle forme di acquisizione dei dati, e la definizione delle tecniche di valutazione delle variabili (i.e. dati di input ai modelli) basate sui dati di mercato. Il secondo obiettivo del lavoro è quello di proporre un processo di controllo dei market parameter e la sua implementazione all'interno di una importante banca italiana, il Gruppo Banco Popolare. In particolare, focalizzando l'attenzione sul rischio di mercato equity, questo lavoro illustra l'intero processo organizzativo necessario alla predisposizione e implementazione delle tecniche di controllo dei market parameter, che prevede in primo luogo il controllo su integrità dei dati (esistenza, dominio e omogeneità) e outlier, e successivamente attività di benchmarking. Particolare attenzione viene rivolta ai cosiddetti parametri di secondo livello, che non hanno quotazioni ufficiali ma sono fondamentali soprattutto per la valutazione di posizioni non lineari (ad esempio la volatilità). Le attività di controllo si basano su modelli matematico-statistici la cui implementazione richiede lo sviluppo di software e soluzioni IT specifiche e l'adozione di una articolata struttura organizzativa.

Ottobre, 2007

Model risk and techniques for controlling market parameters

The experience in Banco Popolare

Bonollo M.^{1,2}, Morandi D.⁵, Pederzoli C.^{3,2}, Torricelli C.^{4,2}

6. Applicazioni Rischio e Controllo Finanza – Banco Popolare (BP)
7. Centro Studi Banca e Finanza (CEFIN), Università di Modena e Reggio Emilia
8. Dipartimento di Metodi Quantitativi per le Scienze Economiche e Aziendali, Università degli Studi Milano-Bicocca
9. Dipartimento di Economia Politica, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia
10. Engineering Ingegneria Informatica SPA

Abstract

The increasing use of internal market models for market risk assessment and management promotes, in compliance with Basel II, better risk management practices but introduces at the same time the so called model risk. In the light of the many open issues connected to market risk, the aim of this paper is twofold. First, it offers a formal analysis of *model risk* which is aimed to clarify quantification issues and to illustrate the architecture of a control process for this type of risk. An important building block of such an architecture is the so called *market parameters control process*, which is the focus of the present paper and consists of two different phases: the definition of the data sources and the data retrieval forms, and the definition of the techniques for valuing variables (i.e. input model data) based on market data. Second, this paper proposes a market parameters control process and its implementation within an important Italian bank, namely Gruppo Banco Popolare. Specifically, by focusing on equity market risk, this paper illustrates the whole organization process needed to set up and implement the market parameters control techniques, which imply first controlling for integrity (existence, domain, homogeneity) and outliers and then performing benchmarking activities. Special emphasis is placed on the so-called second level parameters, which do not have official quotes and still are fundamental especially in valuing non linear positions (e.g. volatility). These activities are based on mathematical-statistical models, whose implementation has required the development of specific software and IT solutions and the adoption of an articulate organizational structure.

October 2007

1. Introduzione

Il dibattito che ha accompagnato la revisione della normativa sui requisiti patrimoniali degli intermediari bancari, l'introduzione del Nuovo Schema di Regolamentazione noto come Basilea II (BCBS 1996a, 2006) e le nuove disposizioni di vigilanza prudenziale contenute nella Circolare n. 263 di Banca d'Italia (BDI, 2006) hanno, fra le altre cose, dato impulso all'uso di modelli interni per la valutazione dei requisiti patrimoniali.

Il crescente impiego da parte delle maggiori banche di modelli statistici interni come principale strumento per il calcolo del requisito patrimoniale ha reso particolarmente rilevante l'esposizione delle stesse al c.d. rischio modello (*model risk*). Riprendendo una delle definizioni che di questo fenomeno ha dato la Federal Reserve (1998), con tale espressione si fa riferimento al rischio che eventuali difetti nella fase di sviluppo e di implementazione di tali modelli causino una errata valutazione dei rischi a cui la banca è esposta e, di conseguenza, errori nel calcolo dei requisiti di capitale. In generale quindi, ogniqualvolta la banca fa uso di modelli interni di valutazione, per attività di *risk management*, *reporting*, *pricing*, *asset allocation* o altro, aumenta la propria esposizione al rischio modello. Esempi in tal senso, oltre a quelli legati all'utilizzo di modelli per assolvere agli obblighi di vigilanza, sono rappresentati dall'utilizzo di errati modelli di *pricing* nella valutazione delle posizioni in portafoglio (c.d. *mark to model*), che inevitabilmente si ripercuote sulla significatività dei dati imputati a conto economico, nonché dall'impiego di modelli non corretti nella determinazione dei c.d. limiti di posizione (basati ad es. sul VaR) nell'ambito delle politiche di *asset allocation*¹. Volendo estendere la definizione sopra proposta, rientrano nella categoria di rischio modello anche tutti quei casi in cui, sebbene i modelli interni siano corretti e coerenti sotto il profilo metodologico, essi conducono tuttavia a risultati sbagliati a causa di un errato utilizzo da parte degli utenti, ovvero approssimazioni legate all'ottimizzazione di aspetti computazionali e imprecisioni nella fase di quantificazione degli input. Questo ultimo aspetto in particolare assume una fortissima rilevanza in quanto, come verrà messo in luce nel corso di questo lavoro, molte variabili di input di tali modelli sono "discrezionali", ovvero frutto di valutazione soggettiva da parte della banca. È quindi di fondamentale importanza un'attenta valutazione di tali dati, in quanto se inattendibili o stimati in modo errato, potrebbero tradursi in errate politiche di

¹ Si veda PAUL-CHOUDHURY (1997) per il riferimento ad alcuni eclatanti casi di perdite degli anni '90 associabili al model risk (es. Royal Bank of Scotland, Barcalys DeZoete Weed, Bank of Tokyo-Mitsubishi, Deutsche Morgan Grenfell).

assunzione del rischio e giungere a minacciare la complessiva prudente gestione dell'intermediario.

Al fine di affrontare il problema del *model risk* relativamente al rischio di mercato, il presente lavoro, che è frutto di una ricerca svolta in collaborazione tra CEFIN e BP, è strutturato nel modo seguente. Nelle sezioni 2 e 3 si fornisce un inquadramento generale del rischio modello, della sua quantificazione e del processo di controllo del medesimo. Nelle sezioni 4 e 5 ci si focalizza su una importante fase di tale processo di controllo che è oggetto di approfondimento in questo lavoro ed è nota come "sistema di controllo dei market parameters": i problemi connessi al set up di un tale sistema vengono presentati sia sotto il profilo teorico che empirico. Infine, il lavoro offre nella sezione 6 un esempio di implementazione di un sistema sviluppato presso il Gruppo BP volto a verificare la correttezza e l'affidabilità dei principali dati di input del modello utilizzato dal Gruppo BP per la misurazione del rischio di mercato sulle posizioni di *trading*.

2. Model risk: definizione e tipi

"Model risk arises when an institution uses mathematical models to value and hedge complex financial securities [...] the models an institution uses may rely on assumptions that are inconsistent with market realities; employ erroneous input parameters; or be calibrated, applied, or implemented incorrectly" (FED, 1998)

La definizione della Federal Reserve fa riferimento ad errori nella definizione e implementazione dei modelli di valutazione delle posizioni in portafoglio, che possono dar luogo a perdite. A livello normativo il concetto di model risk trova fondamento nella definizione di rischio operativo contenuta nel nuovo accordo di Basilea sui requisiti patrimoniali, il quale definisce lo stesso come *"the risk of loss resulting from inadequate or failed internal processes, people and systems or from external events."* [BCBS (2006)]. Di fatto il rischio modello rientra nella prima di tali categorie, ovvero tra i rischi di perdita causati da inadeguatezza o disfunzioni dei processi interni.

Quello del rischio modello è un tema che oggi assume particolare rilevanza in quanto, oltre agli usi strettamente connessi a Basilea II, gli utilizzi da parte di banche e istituzioni finanziarie di modelli interni sono molteplici e vanno dalla definizione di limiti di rischio sulle posizioni di mercato o su singole unità operative (*traders*), alla valutazione (*pricing*) di derivati soprattutto OTC.

Seguendo l'impostazione data al problema da E. DERMAN (1996), la maggior parte dei modelli di valutazione adottati da banche ed istituzioni finanziarie è riconducibile a tre macro classi: modelli fondamentali, modelli fenomenologici e modelli statistici. La prima categoria racchiude quei modelli di valutazione che, sulla base di ipotesi, dati e assiomi, mirano a dare una descrizione fondamentale dei fenomeni oggetto di studio (ad es. modelli di *pricing* del tipo Black & Scholes). I modelli fenomenologici si pongono l'obiettivo di descrivere e rappresentare, con un certo grado di approssimazione, fenomeni non direttamente osservabili sul mercato (ad es. i modelli di struttura a termine dei tassi di interesse a un solo fattore). Infine, i modelli statistici di valutazione forniscono una descrizione dei fenomeni mediante analisi di tipo statistico (ad es. modelli per lo stress testing).

Indipendentemente dalla tipologia di modello, le cause che determinano l'esposizione al rischio modello sono di due tipi: errori nella fase di definizione di tali modelli (ad esempio ipotesi errate sulla distribuzione delle variabili, scelte inadeguate sulle variabili rilevanti da includere) ed errori dovuti all'incertezza associata alle relative variabili di input. Il secondo aspetto, che riguarda sostanzialmente i dati che alimentano gli algoritmi dei modelli di valutazione, è l'oggetto del presente lavoro.

3. Una quantificazione del model risk

La quantificazione del rischio modello verte sulla differenza tra la valutazione basata sulle dinamiche del modello e quella basata sulle dinamiche reali. In KERKHOFF et al. (2002) il rischio modello viene quantificato seguendo un approccio *worst case* come differenza tra il modello utilizzato e i modelli alternativi. Considerando il modello m e l'insieme K di modelli alternativi, il rischio modello si può rappresentare come nella (1)

$$\phi_{RMM}(\Pi, m, K) = \sup_{k \in K} RMM_k(\Pi_k) - RMM_m(\Pi_m) \quad (1)$$

dove:

Π = portafoglio oggetto di valutazione;

m = modello di valutazione considerato;

K = set di modelli considerato (anche detto set di tolleranza);

RMM = misura di rischio di mercato considerata (ad esempio il VaR);

La quantità $\phi_{RMM}(\Pi, m, K)$ costituisce la misura del rischio modello e rappresenta in via ipotetica l'ammontare di capitale destinato alla copertura dello

stesso. Questa tecnica di misurazione del rischio modello presenta, in relazione alla misura dei rischi di mercato (RMM) considerata, alcune proprietà rilevanti:

- se RMM è una misura di rischio che gode della proprietà di invarianza di traslazione, allora anche ϕ_{RMM} gode della medesima proprietà. In termini formali, per ciascun $\tau \in \mathfrak{R}$:

$$\begin{aligned}\phi_{RMM}(\Pi + \tau \cdot N, m, K) &= \sup_{k \in K} RMM_k(\Pi_k + \tau \cdot N_k) - RMM_m(\Pi_m + \tau \cdot N_m) \\ &= \sup_{k \in K} RMM_k(\Pi_k) - \tau - RMM_m(\Pi_m) + \tau \\ &= \phi_{RMM}(\Pi, m, K)\end{aligned}\quad (2)$$

- se RMM è una tecnica di misurazione del rischio che gode della proprietà di omogeneità positiva, allora anche ϕ_{RMM} gode della medesima proprietà. In termini analitici, per ciascun $\lambda \geq 0$:

$$\begin{aligned}\phi_{RMM}(\lambda \cdot \Pi, m, K) &= \sup_{k \in K} RMM_k(\lambda \cdot \Pi_k) - RMM_m(\lambda \cdot \Pi_m) \\ &= \lambda \cdot (\sup_{k \in K} RMM_k(\Pi_k) - RMM_m(\Pi_m)) \\ &= \lambda \cdot \phi_{RMM}(\Pi, m, K)\end{aligned}\quad (3)$$

Il modello m considerato coinvolgerà generalmente dei parametri θ . Il modello $m(\theta)$ lascia quindi spazio ai due aspetti del rischio modello accennati in precedenza: quello associato alla definizione del modello (a volte indicato come *misspecification risk*) e quello relativo alla stima dei parametri di input al modello (*estimation risk*) o più in generale alla quantificazione degli input.

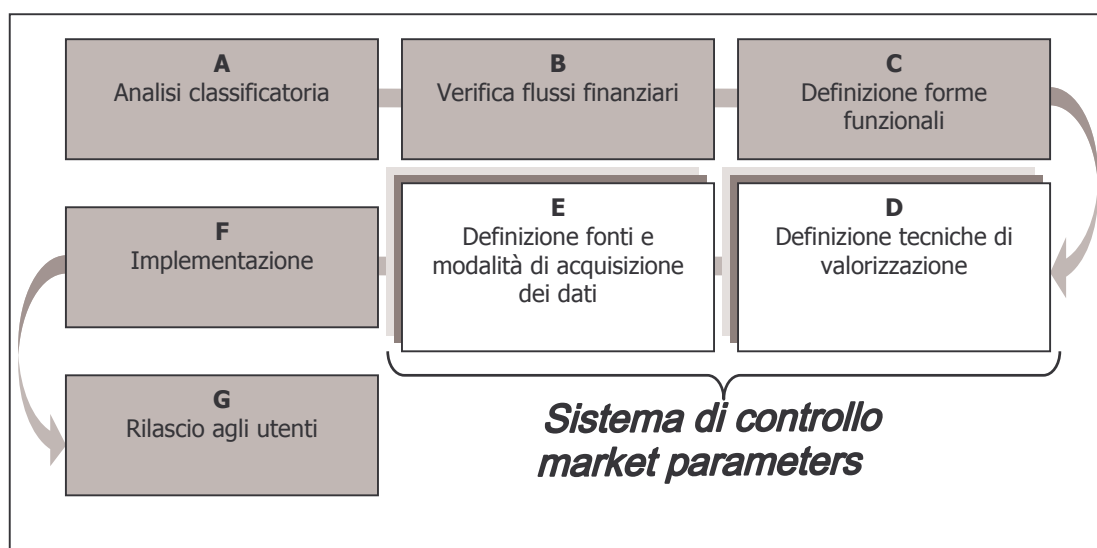
L'analisi proposta in questo lavoro è focalizzata sul rischio di mercato e mette in luce un altro aspetto di particolare rilevanza connesso all'uso di indicatori di sintesi come il VaR, ovvero che tale indicatore rappresenta solamente il punto d'arrivo di un più ampio processo organizzativo volto a minimizzare le debolezze statisticamente quantitative dei modelli interni di valutazione. La Figura 1 sintetizza le fasi su cui il processo di controllo del rischio modello si dovrebbe articolare:

- a) analisi classificatoria del portafoglio di negoziazione, ponendo particolare attenzione ai profili di *pricing* e ai fattori di rischio che gravano sullo stesso;
- b) verifica che tutti i flussi finanziari connessi agli strumenti in portafoglio siano riconducibili entro il modello di valutazione da adottare;
- c) definizione delle forme funzionali del modello e delle relative procedure di risoluzione delle relazioni in esso contenute;

- d) definizione delle tecniche di valorizzazione delle variabili indipendenti rispetto ai dati di mercato, soprattutto per quelle il cui valore non è direttamente osservabile sul mercato (come ad esempio la volatilità);
- e) definizione delle fonti e delle modalità di acquisizione dei dati che alimentano gli algoritmi e verifica della completezza e della correttezza di tali dati;
- f) implementazione del modello, con particolare attenzione all'integrazione con le procedure aziendali già esistenti;
- g) rilascio del modello agli utenti finali.

Nello specifico, le fasi a), b), c) e f) di tale processo sono quelle da cui scaturisce l'esposizione al primo degli aspetti del rischio modello presentati, ovvero quello connesso a difetti nella fase di definizione ed implementazione dei modelli di valutazione, mentre le fasi d) ed e) sono quelle volte a minimizzare quello che abbiamo definito come rischio di stima e in queste ultime è opportuno fare uso di un insieme di tecniche che vanno appunto sotto il nome di sistema di controllo dei parametri di mercato, che sono oggetto di approfondimento in questo lavoro.

Figura 1 – Processo di controllo del rischio modello



4. Individuazione dei market parameters

La selezione dei market parameters è un problema di notevole rilevanza ed è strettamente legato alle scelte strategiche del risk management. Prima di descrivere il processo di selezione, i market parameter vengono descritti e classificati.

4.1 Definizione e tipologie di market parameter

L'obiettivo di un sistema di controllo dei parametri di mercato consiste nell'individuare quali tra questi hanno un maggiore impatto sulle P&L e sul profilo di rischio del portafoglio di negoziazione di banche ed istituzioni finanziarie e nel valutare la correttezza e l'affidabilità delle valutazioni ad essi relative. Tale analisi è fondamentale in quanto nella maggioranza dei casi, a fronte di un ampio insieme di parametri osservabili sul mercato, spesso è sufficiente una piccola quota di essi per spiegare una quota consistente di P&L. Per questa ragione è importante prima definire cosa si intende per *market parameters* e poi procedere all'illustrazione della fase di selezione di quelli rilevanti.

Si consideri un generico portafoglio di negoziazione composto da molteplici strumenti finanziari di diversa natura (azioni, obbligazioni, strumenti derivati ecc.). La P&L del portafoglio sull'orizzonte $(t, t + \Delta t)$ è data da:

$$P \& L_{[t, t+\Delta t]} = PV_{t+\Delta t}(Z_{t+\Delta t}) - PV_t(Z_t) \quad (4)$$

dove

PV_t = valore attuale di mercato del portafoglio al tempo t .

$Z_{t \times d}$ = matrice dei *market parameter* (campione di dimensione t di una sequenza di d variabili casuali)

È quindi possibile definire i *market parameter* come variabili casuali le cui realizzazioni nell'intervallo temporale considerato influenzano il valore di mercato, e di conseguenza le P&L, del portafoglio oggetto di analisi. Operativamente sono i fattori di rischio dalle cui variazioni dipendono i rendimenti dei portafogli di negoziazione ovvero gli input degli algoritmi di *pricing* utilizzati per calcolare le P&L giornaliere nonché le misure di rischio come il VaR.

Una prima utile classificazione applicabile ai *market parameters* osservabili sul mercato è la seguente:

- parametri quotati: si definiscono tali i *market parameters* quotati a cura di istituzioni di mercato (ad esempio Borsa Italiana) ritenute sufficientemente affidabili. Generalmente fanno riferimento a livelli di indici e a prezzi di strumenti finanziari quotati su mercati regolamentati;
- parametri contribuiti: essi differiscono dai parametri quotati in quanto inerenti a strumenti finanziari trattati su mercati non regolamentati;

- parametri discrezionali: si definiscono tali i parametri di mercato per i quali non esiste una quotazione ufficiale (es. la volatilità).

All'interno di questo perimetro generale, assumono particolare rilevanza i *market parameters* discrezionali, in quanto non essendo rilevati da fonti ufficiali necessitano di una stima interna da parte delle banche, che espone le stesse a rischi di natura operativa e, in particolare, al rischio modello. Tali parametri rivestono un ruolo importante nel problema del model risk, a causa della grande diffusione nei portafogli delle banche di strumenti derivati su volatilità e correlazioni (tipici parametri discrezionali).

Nella comunità finanziaria tale classificazione non è però univoca. I parametri si possono anche classificare come *osservabili* in senso stretto, come i livelli (prezzi azionari, tassi, cambi), osservabili in senso debole (come le volatilità implicite) e *astratti/calibrati* (come il mean reverting o la velocità di convergenza nel modello di HESTON (1993) per le volatilità)

La fase di selezione dei *market parameters* consiste nell'individuazione dei parametri a cui il valore di mercato del portafoglio di negoziazione è sensibile. Il grado di difficoltà di tale processo dipende sia dalla natura dei *market parameters* che dalla natura del portafoglio. Sotto il primo profilo, con riferimento alla classificazione sopra riportata, è ovvio che portafogli che contengono strumenti finanziari primari già prezzati dal mercato (es. azioni o posizioni in valuta) presentano minori difficoltà. Sotto il secondo profilo, la natura del portafoglio (lineare vs. non lineare) può complicare l'individuazione dei *market parameters* a causa della presenza di strumenti derivati o strutturati di natura non lineare (es. opzioni) . Il caso dei *trading book* di alcune banche, che comprendono un numero molto ampio di strumenti finanziari appartenenti a diverse *asset class* e presentano una componente derivata e non lineare rilevante, risulta quindi particolarmente complicato. In tale contesto, il valore di mercato di tali portafogli risulta essere sensibile ad un numero elevatissimo di *market parameters*, e il problema della dimensione è aggravato dal fatto che alcuni parametri hanno una natura discrezionale (ad es. in presenza di opzioni *Napoleon*² che fanno entrare in gioco la volatilità come parametro).

² Il profilo di *payoff* di una opzione *Napoleon* è dato da $\max[0; c + LowestPerf]$, dove c rappresenta un *coupon* fisso e *LowestPerf* rappresenta la minima *performance*, di tipo cliquet, del sottostante S (tipicamente un indice azionario) tra i tempi t_0, t_1, \dots, t_n . Analiticamente: $LowestPerf = \min_{i=1, \dots, n} [S(t_{i+1}) - S(t_i)] / S(t_i)$. È possibile dimostrare che una opzione *Napoleon* corrisponde ad una *put* scritta sulla volatilità del sottostante [cfr. BERGOMI (2004)].

Il problema della numerosità dei *market parameters* è riducibile in quanto l'evidenza empirica mostra come una quota rilevante di P&L del *trading book* della banca sia in realtà spiegata da un numero limitato di tali parametri. Un esempio tipico è rappresentato dalla struttura per scadenza dei tassi di interesse (SPS) dove, ricorrendo all'analisi in componenti principali, è possibile dimostrare che tre sole componenti (movimento parallelo, rotazione e curvatura) sono in grado di spiegare oltre il 90% della variabilità complessiva delle SPS. Il problema della selezione dei market parameter diventa pertanto fondamentale.

4.2 La selezione dei market parameter tramite analisi di regressione

I modelli lineari costituiscono ancora una tecnica molto utilizzata di indagine e selezione dei market parameter in quanto presenta aspetti positivi dal punto di vista implementativo e interpretativo.

In primo luogo, con riferimento alla notazione della formula (4), potremo utilizzare una approssimazione come (5)

$$P \& L_{[t,t+\Delta t]} \approx \beta \cdot \Delta Z_{t,t+\Delta t} \quad (5)$$

consente di avere un modello facilmente interpretabile dove la semplice lettura dei coefficienti β permette la comprensione qualitativa e quantitativa dell'impatto di un market parameter sulla posizione. Va infatti notato che il modello (5) può essere stimato anche per un intero portafoglio, in modo da avere una visione strategica delle dipendenze dei risultati dalle variabili di mercato. Inoltre, i coefficienti β consentono agli "utenti" di ragionare in modo semplice in una ottica di stress testing, calcolando cioè le sensitività della posizione rispetto a possibili variazioni dei fattori di rischio. Va infine osservato che l'uso di modelli lineari non si limita esclusivamente alla rappresentazione dei soli legami lineari. Per catturare effetti non lineari (ad esempio c.d. effetto gamma) è sufficiente prevedere nelle variabili esplicative le variazioni quadratiche o altre funzioni non lineari delle variazioni dei market parameters originali.

Tra le difficoltà applicative in contesti multidimensionali, va citata la multicollinearità che può determinare instabilità delle stime, risolvibile con metodi euristici (screening ex-ante per asset class) o con la già citata analisi delle componenti principali.

Come esempio consideriamo un portafoglio costituito da opzioni *plain vanilla call* scritte sull'indice azionario S&P/MIB e quotate sul mercato IDEM e calcoliamo, mediante un semplice modello di regressione lineare, la sensibilità delle sue P&L

alle variazioni di diversi *market parameters*. Nello specifico, consideriamo solamente il livello dell'indice sottostante e di conseguenza calcoliamo il coefficiente β_1 derivante dalla regressione delle profit & loss percentuali $P \& L_t^{\%}$ sui rendimenti del sottostante $r_t(S)$. Nel caso specifico, abbiamo considerato un campione composto dai dati di P&L percentualizzate ($P \& L_t^{\%}$) e dai rendimenti percentuali dell'indice sottostante ($r_t(S)$) con frequenza giornaliera nel periodo che va dal 31/10/2006 al 29/11/2006, per un totale di 22 osservazioni. La Tabella 1 mostra le statistiche relative a questo campione. Come illustrato in Tabella 2 e Figura 2, dall'analisi di regressione lineare emerge come il solo *market parameter* rappresentato dal rendimento percentuale dell'indice sottostante sia in grado di spiegare la quasi totalità delle P&L del portafoglio in esame.

Tabella 1 – Statistiche del campione (plain)

	$P \& L^{\%}$	$r(S)$
Media	0,0008	0,0013
Deviazione standard	0,0038	0,0054
Skewness	-0,3894	-0,4201
Kurtosis	0,5399	0,5531

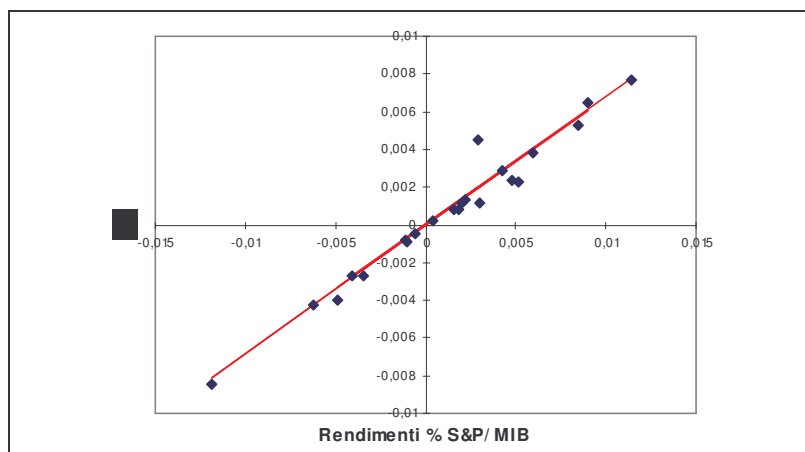
Fonte: nostra elaborazione (software MS Excel) su dati Reuters® e Gruppo BP.

Tabella 2 – Statistiche della regressione (plain)

R^2	0,9655
$AdjustedR^2$	0,9179
$RMSE$	0,0007
MAE	0,0004

Fonte: nostra elaborazione (software MS Excel) su dati Reuters® e Gruppo BP.

Figura 2 – Adattamento del modello di regressione (plain)



Fonte: nostra elaborazione (software MS Excel) su dati Reuters® e Gruppo BP.

Un'analoga riduzione vale anche per contratti di opzione con un profilo di *payoff* più sofisticato, come le opzioni *Napoleon*, anche se ovviamente in tal caso il numero di *market parameters* da tenere in considerazione aumenta. Consideriamo il caso di un portafoglio costituito da opzioni *Napoleon* scritte sull'indice azionario Dj EuroStoxx 50 e negoziate OTC e, calcoliamo la sensibilità delle sue P&L alle variazioni dei *market parameters*, che, in considerazione dello specifico *payoff* di tali opzioni sono sia il livello dell'indice sottostante che la sua volatilità³. Stimiamo quindi i coefficienti β_1 e β_2 relativi alla regressione delle $P \& L_t^{\%}$ sui rendimenti dell'indice sottostante $r_t(S)$ e della sua volatilità $r_t(\sigma^S)$. Analogamente al caso precedente, consideriamo un campione composto dai dati di P&L percentualizzate ($P \& L_t^{\%}$), dai rendimenti percentuali dell'indice sottostante ($r_t(S)$) e dalle variazioni percentuali di volatilità implicita dell'indice sottostante ($r_t(\sigma^S)$) con frequenza giornaliera nel periodo che va dal 31/10/2006 al 29/11/2006, per un totale di 22 osservazioni.

Tabella 3 – Statistiche del campione (Napoleon)

	$P \& L^{\%}$	$r(S)$	$r(\sigma^S)$
Media	-0,0001	0,0002	0,0005
Deviazione standard	0,0017	0,0070	0,0139
Skewness	0,0517	-0,4608	-0,0884
Kurtosis	1,6791	1,1214	1,2450

Fonte: nostra elaborazione (software MS Excel) su dati Reuters® e Gruppo BP.

Tabella 4 – Statistiche della regressione (Napoleon)

R^2	0,949591
$AdjustedR^2$	0,897071
$RMSE$	0,0004
MAE	0,0003

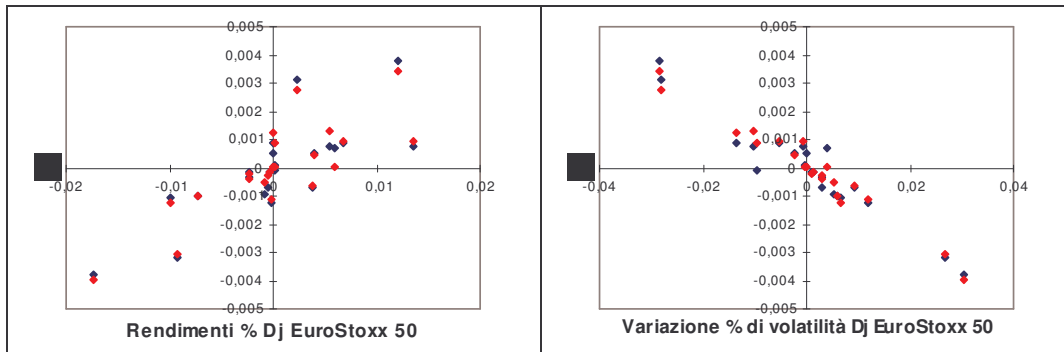
Fonte: nostra elaborazione (software MS Excel) su dati Reuters® e Gruppo BP.

La Tabella 3 mostra le statistiche di tale campione, mentre la Tabella 4 e la Figura 3 illustrano i risultati dell'analisi di regressione, dalla quale emerge come i due *market parameters* considerati siano in grado di spiegare la quasi totalità delle P&L del portafoglio in esame. Tali risultati assumono ancora maggiore rilevanza se si

³ Consideriamo in questo ambito una volatilità implicita media *at the money* su tutta la superficie, ovvero per ciascuna giornata calcoliamo la media della volatilità su tutte le scadenze ad un livello di *moneyness* pari a 100.

considera che essi sono il frutto, tra l'altro, di un dato di volatilità che potremmo definire già di sintesi, in quanto rappresenta una media *at the money* su tutta la relativa superficie.

Figura 3 – Adattamento del modello di regressione (Napoleon)



Fonte: nostra elaborazione (software MS Excel) su dati Reuters® e Gruppo BP.

5. Sistema di controllo dei market parameters

Il sistema di controllo è il processo volto alla verifica della correttezza e dell'affidabilità dei *market parameters* ed è strettamente mirato alla ricerca continua della c.d. qualità dei dati (*data quality, DQ*).⁴ Nelle valutazioni relative ai *market parameters*, la qualità dei dati assume rilevanza essenziale in quanto dati parziali o scorretti possono portare ad errata valutazione delle posizioni in portafoglio (*pricing*) e conseguentemente a dati di P&L imputati a conto economico non corretti.

E' importante sottolineare che il soggetto che usufruisce della qualità è l'utente al quale sono rivolte le informazioni, ma al tempo stesso la qualità dei dati consiste nel possesso di determinate caratteristiche oggettive. In particolare, con riferimento a G. BRACKSTONE (1999), queste caratteristiche vengono definite "dimensioni della qualità" e sono sintetizzate in Tabella 5.

⁴ Per qualità dei dati, secondo la definizione proposta nella normativa UNI EN ISO 8402 – 1984, si intende "il possesso della totalità delle caratteristiche che portano al soddisfacimento delle esigenze, esplicite o implicite, dell'utente".

Tabella 5 – Dimensioni della qualità

DIMENSIONE DELLA QUALITA'	DESCRIZIONE
Rilevanza	Capacità dell'informazione di soddisfare le esigenze conoscitive degli utenti
Accuratezza	Grado di corrispondenza tra il dato in possesso e il vero (ma ignoto) valore della caratteristica in oggetto
Tempestività	Intervallo di tempo che intercorre tra il momento della diffusione del dato e l'epoca di riferimento dello stesso
Accessibilità	Facoltà da parte dell'utente di reperire, acquisire e comprendere l'informazione disponibile in relazione alle proprie finalità
Interpretabilità	Disponibilità di informazioni aggiuntive utili ad interpretare ed utilizzare i dati
Coerenza	Grado con il quale i dati possono essere combinati con altre statistiche indipendentemente dalla loro periodicità

Fonte: BRACKSTONE (1999).

La presenza nella base dati di valori anomali o mancanti può ridurre la qualità e di conseguenza provocare distorsioni nella distribuzione di alcune variabili, errori nelle stime e alterazioni nelle analisi statistiche effettuate. In particolare, è opportuno distinguere tra:

- valori fuori dominio, ovvero che non appartengono ad un insieme predefinito di valori ammissibili;
- valori incompatibili, vale a dire che contraddicono regole logiche e/o matematiche definite a priori;
- valori anomali (*outliers*), quando presentano caratteristiche significativamente diverse da quelle della maggior parte delle unità considerate, sulla base dell'applicazione di un prefissato algoritmo o test statistico;
- valori mancanti, quando una o più variabili non assumono alcun valore.
- Valori "persistenti" o "trascinati". Vari providers o sistemi applicativi in caso di dati mancanti completano la serie storica con semplici interpolazioni lineari o con l'ultimo dato disponibile. Tale prassi determina un valore non corretto all'interno del processo e una stima distorta (in genere per difetto) della volatilità dello stesso

In tutti questi casi è necessario valutare se tali valori corrispondono o meno a situazioni errate, ovvero se sono dovuti ad errori di valutazione del *trader* e/o di inserimento del dato nei sistemi informativi, o se corrispondono al reale valore del *market parameter* considerato e nella prima di queste ipotesi è necessaria un'attenta analisi volta a "correggere" il dato errato. Quest'ultima fase richiede

necessariamente l'intervento umano, in quanto le decisioni da prendere sono estremamente delicate poiché, se non eseguite correttamente, possono portare all'introduzione di nuovi errori fino allo stravolgimento della distribuzione originaria.

Al contrario della fase di correzione, il processo di controllo volto all'individuazione di tali valori può essere compiuto in modo automatico e in particolare dovrebbe articolarsi nel modo seguente:

1. tutti i giorni gli operatori di *front office* (*traders*) si occupano delle attività di operatività sui mercati;
2. al termine di ciascuna giornata i *traders* e/o altri soggetti inseriscono nei sistemi informativi di *front office* i dati relativi ai *market parameters*, o ne verificano il corretto aggiornamento da parte di fornitori esterni;
3. il sistema di controllo acquisisce questi dati da tali sistemi ed applica su di essi una serie di verifiche volte ad identificare eventuali valori "anomali", che vengono opportunamente segnalati dalla reportistica;
4. gli utenti, con il supporto delle informazioni di cui al punto precedente, provvedono a modificare i dati sui sistemi di front;
5. il sistema di front provvede a calcolare le P&L riferite al giorno del controllo (sulla base dei dati "corretti" relativi ai *market parameters*) e a rendere disponibili queste informazioni agli utenti la mattina del giorno successivo al controllo.

Rispetto al processo ideale di controllo ora descritto, si riscontrano alcuni ostacoli che ne impediscono la realizzazione e che in particolare fanno riferimento ad aspetti di natura organizzativa (es. disallineamento orari di lavoro delle diverse funzioni coinvolte) ed aspetti procedurali, connessi alla necessità di un'intensa revisione di gran parte dei processi interni alle funzioni stesse (tra gli altri, la necessità di revisione dei processi di schedulazione⁵ dei sistemi informativi di *front office*). Ciò implica nella realtà la modifica delle fasi 3. e 4. come segue:

3. il sistema di front provvede a calcolare le P&L riferite al giorno del controllo ed in parallelo il sistema di controllo segnala mediante reportistica eventuali valori "anomali" relativi ai *market parameters*;
4. la mattina del giorno successivo al controllo gli utenti dispongono dei dati di P&L e della reportistica relativa ad eventuali valori "anomali" relativi ai *market parameters*, con possibilità di stima del loro impatto in termini di P&L, via greche matematiche o β delle regressioni; sulla base di queste informazioni essi danno

⁵ La schedulazione consente di avviare automaticamente a determinate ore della giornata specifici processi (*job*), quali l'importazione dei dati o l'esecuzione di elaborazioni, relativi ad una applicazione o ad un database; ciò permette una riduzione dei costi e dei rischi operativi ad essi legati.

precise indicazioni ai *trader* circa l'inserimento dei dati al termine di quella stessa giornata, innescando in tal modo un processo di miglioramento continuo della qualità media dei dati, che implica l'aggiustamento dinamico del P&L cumulato, detto *year to date*. Rimane poi alle prassi interne della banca la correzione o pubblicazione ex-post delle P&L *daily* passate modificate

Le modalità concrete attraverso le quali mettere in atto il processo di controllo sono diverse e dipendono dall'organizzazione delle banche e delle istituzioni finanziarie considerate. In termini generali, è utile ricorrere ad applicazioni software che presentino l'architettura tipica dei sistemi di sintesi e di controllo, ovvero che recepiscano i dati da altri sistemi (i sistemi informativi di *front office*), li riorganizzino ed effettuino su di questi una serie di controlli. Tali applicazioni si fondano generalmente su database di tipo relazionale (ad es. Chen, 1976).

Riprendendo la notazione usata nella (4) per la definizione di *market parameters*, l'insieme dei *market parameters* può essere rappresentato da una matrice $\mathbf{Z}_{t \times d}$, che rappresenta un campione di dimensione t di un insieme di d variabili casuali. Tale matrice rappresenta l'oggetto delle tecniche e delle metodologie di controllo. Queste ultime si fondano generalmente su approcci di tipo statistico e possono essere opportunamente raggruppate in tre macrocategorie, ovvero: controlli di integrità, controlli quantitativi di merito e controlli di *benchmarking*.

5.1 Controlli di integrità

I controlli di integrità rappresentano la prima fase del processo di controllo e si pongono l'obiettivo di effettuare un primo *screening* sulla matrice $\mathbf{Z}_{t \times d}$ dei *market parameters* al fine di individuare eventuali valori mancanti o incompatibili e al tempo stesso di uniformare i valori presenti per consentire utili confronti nelle fasi successive. Essi possono essere ulteriormente classificati in tre sottocategorie: i controlli di esistenza, i controlli di dominio e i controlli di omogeneità.

I controlli di esistenza consentono di verificare in via preliminare l'eventuale presenza di casi in cui uno o più elementi della matrice $\mathbf{Z}_{t \times d}$ non assuma alcun valore. Queste assenze hanno effetti rilevanti sui calcoli di rendimenti e di volatilità, con ovvie conseguenze su valutazioni di pricing e di VaR. Supponiamo ad esempio

di volere calcolare la volatilità storica⁶ giornaliera dei rendimenti dell'indice S&P/MIB avendo a disposizione la serie storica del prezzo ufficiale nel periodo che va dal 30/10/2006 al 29/11/2006 (23 osservazioni), a cui abbiamo intenzionalmente cancellato il dato relativo al 15/11/2006. La Tabella 6 mostra la sensibilità della stima al dato mancante.

Tabella 6 – Volatilità storica (S&P/MIB)

	SERIE STORICA INCOMPLETA	SERIE STORICA COMPLETA
VOLATILITA STORICA ($\lambda = 0,97$)	2.4054%	2.6586%

Fonte: nostra elaborazione (software MS Excel) su dati Reuters®.

Le cause associabili ai valori mancanti, per ciò che riguarda i dati di prezzo o di livello, possono essere ricondotte a:

- errori di ricezione del dato dai mercati o dagli *information provider* esterni;
- frequenza del dato diversa da quella giornaliera (ad es. alcuni *hedge funds* quotano una volta a settimana);
- ingresso in portafoglio di un nuovo strumento finanziario, e quindi di nuovi *market parameters* per i quali non esiste la corrispondente serie storica.

Per quanto riguarda invece i dati di volatilità e di correlazione, essendo questi ultimi di frequente frutto di stime soggettive da parte della banca le cause di valori mancanti sono spesso riconducibili alla mancata stima o al mancato inserimento di tali valori nei sistemi informativi.

Per risolvere tali problemi la letteratura scientifica ha sviluppato numerosi approcci per “ricostruire” le serie storiche incomplete. Tra di essi, un algoritmo relativamente semplice consiste nell'estrazione dei dati mancanti da una traiettoria derivante da un processo stocastico avente media tale che il percorso inizi e termini nei due estremi dei dati mancanti e varianza la stessa della serie storica (incompleta) inserita in input. Si tratta in sostanza di generare dei valori casuali per i segmenti di dati mancanti, che però siano coerenti con le misure di media e di varianza delle serie storiche originarie. Definiti P_i e P_j l'ultimo prezzo o livello presente e il primo di nuovo presente della serie storica, il primo passo da compiere consiste nel calcolare la somma dei $(j - i)$ rendimenti mancanti, la quale è data da:

$$\gamma = \sum_{s=i+1}^j R_s = \ln\left(\frac{P_j}{P_i}\right) \quad (6)$$

⁶ Utilizziamo qui il metodo *exponentially weighted moving average model* (EWMA) adottato da RiskMetrics™ [cfr. JP MORGAN (1996)].

Successivamente si estrae il primo rendimento mancante R_s da una distribuzione normale avente media e deviazione standard rispettivamente pari a:

$$\mu = \frac{\gamma}{j-i} \quad (7)$$

$\sigma = \hat{\sigma}_G^R$ (deviazione standard giornaliera dei rendimenti presenti)

L'analisi procede poi con il calcolo del primo prezzo o livello mancante P_{i+1} sulla base del rendimento R_s appena calcolato. Ovviamente è necessario ripetere tale procedimento più volte fino a ricostruire completamente la serie storica, includendo di volta in volta nella serie storica originaria il nuovo prezzo o livello ricostruito. La Tabella 7 mostra il risultato di tale algoritmo con riferimento all'esempio precedente. Come si osserva, il dato di volatilità ottenuto è quasi equivalente a quello basato sulla serie completa (la differenza tra i due valori è pari a 0,0091%).

Tabella 7 – Algoritmo di ricostruzione (S&P/MIB)

	SERIE STORICA COMPLETA	SERIE STORICA RICOSTRUITA
LIVELLO 15/11/2006	40813	40818,91 ⁷
VOLATILITA STORICA ($\lambda = 0,97$)	2.6586%	2.6495%

Fonte: nostra elaborazione (software MS Excel) su dati Reuters®.

Alternativamente è possibile ricorrere ad approcci più sofisticati, che citiamo per completezza, che si fondano in prevalenza sull'algoritmo *Expected Maximization*⁸ e che, a fronte di un maggiore grado di precisione, comportano elevati costi in termini computazionali. In estrema sintesi, tale algoritmo consiste in un metodo statistico iterativo che permette la stima dei parametri di massima verosimiglianza nei modelli probabilistici a partire da dati incompleti, ossia da situazioni in cui parte del dato storico è potenzialmente esistente ma che tuttavia non è presente nel campione⁹.

L'obiettivo dei controlli di dominio è l'individuazione di valori che non appartengono ad un insieme ammissibile ovvero che contraddicono regole teoriche

⁷ Tale valore rappresenta la media dei risultati di 100 estrazioni casuali dalla distribuzione normale con media $\mu = 0,011891$ e deviazione standard $\sigma = \hat{\sigma}_G^R = 0,00524$, moltiplicata per il livello dell'indice in data 14/11/2006 (40459,29).

⁸ Cfr. MCLACHLAN, KRISHNAN (1997).

⁹ Per una trattazione dei metodi statistici per dati incompleti si veda ad esempio Little e Rubin (2002).

o finanziarie definite a priori. Gli esempi in questo senso sono molteplici (si pensi alla presenza di dati di prezzo o di volatilità negativi) ma sono in gran parte riconducibili da un lato ad errori di ricezione del dato e dall'altro nel caso della volatilità e della correlazione ad errori nella stima dello stesso. Tra le tecniche di controllo volte all'individuazione di tali valori, nell'ambito di un ampio portafoglio di negoziazione, assumono particolare rilievo quelle rivolte alla verifica del vincolo di semidefinitività positiva delle matrici di correlazione tra i diversi strumenti finanziari che lo compongono, poiché se il numero di questi ultimi è elevato e la profondità della serie storica è limitata, anche i metodi di stima più efficienti e più diffusi¹⁰ possono produrre matrici non semidefinite positive. In questi casi la volatilità complessiva del portafoglio potrebbe risultare negativa. Consideriamo ad esempio la matrice di correlazione in Figura 4, relativa ai rendimenti giornalieri dei 13 maggiori indici azionari mondiali¹¹ in data 22/11/2006.

Figura 4 – Matrice di correlazione (13 indici)

CE :=	1	0.736	0.952	0.857	0.943	0.647	0.844	0.748	0.678	0.857	0.742	0.817	0.968
	0.736	1	0.747	0.698	0.751	0.62	0.709	0.561	0.838	0.719	0.98	0.666	0.779
	0.952	0.747	1	0.894	0.955	0.623	0.886	0.724	0.699	0.895	0.761	0.841	0.994
	0.857	0.698	0.894	1	0.831	0.573	0.846	0.639	0.604	0.849	0.737	0.815	0.896
	0.943	0.751	0.955	0.831	1	0.656	0.867	0.732	0.702	0.883	0.75	0.821	0.982
	0.647	0.62	0.623	0.573	0.656	1	0.56	0.671	0.631	0.575	0.635	0.592	0.652
	0.844	0.709	0.886	0.846	0.867	0.56	1	0.638	0.631	1	0.723	0.771	0.916
	0.748	0.561	0.724	0.639	0.732	0.671	0.638	1	0.528	0.652	0.492	0.617	0.603
	0.678	0.838	0.699	0.604	0.702	0.631	0.631	0.528	1	0.632	0.912	0.592	0.706
	0.857	0.719	0.895	0.849	0.883	0.575	1	0.652	0.632	1	0.726	0.776	0.931
	0.742	0.98	0.761	0.737	0.75	0.635	0.723	0.492	0.912	0.726	1	0.749	0.82
	0.817	0.666	0.841	0.815	0.821	0.592	0.771	0.617	0.592	0.776	0.749	1	0.895
	0.968	0.779	0.994	0.896	0.982	0.652	0.916	0.603	0.706	0.931	0.82	0.895	1

Fonte: Gruppo BP.

La Tabella 8 mostra gli autovalori della matrice: la presenza di tre autovalori negativi, consente di concludere, sulla base del teorema degli autovalori, che la matrice non è semidefinita positiva.

Quando tale vincolo non viene rispettato è possibile ricorrere ad alcune tecniche¹² che consentono di ricondurre la matrice entro il suo dominio. La descrizione di tali metodologie va oltre gli scopi del presente lavoro, tuttavia è opportuno sottolineare

¹⁰ Cfr. JP MORGAN (1996).

¹¹ Nell'ordine: AEX 25, Dow Jones, CAC 40, FTSE 100, DAX, HANG SENG, MIB 30, Nikkei 225, Nasdaq 100, S&P/MIB, S&P 500, SMI, Dj EuroStoxx 50.

¹² Facciamo riferimento in particolare ai metodi di decomposizione spettrale [cfr. REBONATO, JACKEL (1999)] e alle tecniche di *shrinkage* [cfr. ANDERSSON et al. (2006), SHAKER AND STRIMMER (2005)].

che esse generalmente consistono nella costruzione di una nuova matrice, come trasformazione di quella originaria, che presenta tuttavia la proprietà di semidefinitività positiva auspicata.

Tabella 8 – Autovalori (13 indici)

	λ
1	10.144
2	0.943
3	0.709
4	0.345
5	0.293
6	0.23
7	0.174
8	0.146
9	-0.044
10	0.051
11	0.033
12	-0.023
13	-7.469E-4

Fonte: nostra elaborazione (software Mathcad) su dati Gruppo BP.

Nella realtà applicativa di fatto il problema della semidefinitività positiva si può ricondurre entro confini di tollerabilità: una matrice di varianza-covarianza globalmente non semidefinita positiva può anche essere accettabile purchè siano semidefinite positive le sottomatrice relative a strumenti o porzioni di portafoglio (ad esempio basket di sottostanti ai derivati).

I controlli di omogeneità si traducono in un'attività di omogeneizzazione, che assume particolare rilievo nell'ambito dei dati di volatilità implicita relativa ai diversi strumenti finanziari considerati. Infatti le volatilità implicite dipendono dalla *moneyness* e dal tempo a scadenza delle opzioni usate per il calcolo (superficie di volatilità). Questi due parametri variano nel tempo e tra i diversi strumenti finanziari e di conseguenza risulta impossibile porre a confronto i dati di volatilità relativi a diversi istanti temporali nonché a differenti fattori. A titolo di esempio, considerando i soli contratti di opzione scritti sull'indice S&P/MIB e quotati sul mercato IDEM è possibile calcolare, per una singola giornata, 45 livelli di volatilità implicita¹³ i quali, la giornata successiva, saranno caratterizzati da diverse coordinate di *moneyness* e di tempo a scadenza. Di qui la necessità di omogeneizzare, o standardizzare, tali

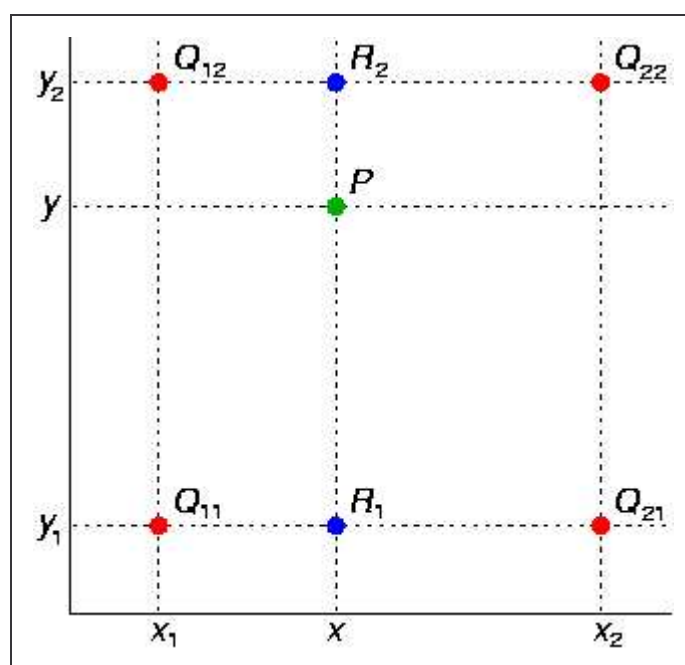
¹³ Sul mercato IDEM i *market makers* hanno obbligo di quotazione per contratti di opzione con 9 livelli di strike "centrati" sul livello *at the money* e ciascuno di essi prevede 5 scadenze durante l'anno ($9 \times 5 = 45$).

superfici di volatilità mediante l'applicazione degli opportuni algoritmi di interpolazione¹⁴. Tra di essi, approcci fondati su algoritmi di tipo polinomiale, cubico o lineare. Quelli lineari vengono presentati in questo lavoro in quanto consentono di ottenere buoni risultati a fronte di un carico computazionale non troppo elevato.

Nel caso in esame si tratta di interpolazione bilineare, come illustrato in Figura 5 sulla base della (8) :

$$f(x, y) = \frac{f(Q_{11})}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)}(x_2 - x)(y_2 - y) + \frac{f(Q_{21})}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)}(x - x_1)(y_2 - y) + \frac{f(Q_{12})}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)}(x_2 - x)(y - y_1) + \frac{f(Q_{22})}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)}(x - x_1)(y - y_1) \quad (8)$$

Figura 5 – Interpolazione bilineare



Fonte: Gruppo BP.

In tale contesto il processo di omogeneizzazione delle superfici di volatilità richiede in prima battuta la definizione di una o più griglie c.d. standard, vale a dire di stabilire una serie di coordinate di *moneyness* e tempo a scadenza (m, τ) che rimangano stabili nel tempo e che rendano quindi confrontabili i dati di volatilità relativi a diversi istanti temporali nonché a differenti strumenti finanziari. Di fatto tale fase equivale alla scelta dei punti $P(x, y)$ in corrispondenza dei quali si vuole

¹⁴ Esiste un'ampia letteratura sulla calibrazione e interpolazione delle superfici di volatilità, nella quale viene considerato l'aspetto legato alle opportunità di arbitraggio; a titolo di esempio si veda KAHLE (2004), Fengler (2005).

definire il valore della funzione. La scelta del numero di coppie di coordinate da considerare, ovvero della c.d. granularità della griglia standard, è del tutto arbitraria anche se è necessario tenere conto che all'aumentare di tale numero aumenta anche il costo complessivo del processo in termini computazionali¹⁵. Oltre a ciò in questa fase è possibile definire non solo una ma più griglie standard in relazione al grado di granularità delle superfici di volatilità originarie, al fine di ridurre al minimo la distorsione¹⁶ dovuta all'interpolazione. Dopo avere definito la granularità della griglia standard è necessario trasformare la superficie di volatilità originaria, detta anche superficie grezza, nella superficie standard, ovvero nella superficie le cui coordinate di *moneyness* e di tempo a scadenza corrispondono a quelle della griglia standard, e a tal fine è necessario applicare l'algoritmo di interpolazione. Di fatto tale fase equivale al calcolo del valore della funzione $f(x, y)$ in corrispondenza di ciascun punto della griglia standard. Le figure 5 e 6 mostrano il risultato di tale processo applicato ad una superficie di volatilità implicita associata all'indice S&P/MIB in data 02/11/2006. Esse si riferiscono solamente ad una data e ad un singolo strumento (l'indice S&P/MIB) ma grazie alla standardizzazione le coordinate della nuova superficie rimarranno stabili sia nel tempo che nello spazio, ovvero tra i diversi strumenti finanziari. Oltre a ciò, come si osserva, il grafico relativo alla superficie standard presenta una superficie decisamente più "liscia" rispetto a quello relativo alla superficie grezza: ciò è frutto dell'approssimazione dell'algoritmo di interpolazione.

Oltre all'omogeneizzazione per scadenza e *moneyness*, la definizione stessa di *moneyness* non è univoca e richiede quindi l'omogeneizzazione per dati provenienti da fonti diverse (providers/software di front office). La *moneyness* può infatti essere misurata semplicemente in termini di strike K , oppure in termini di rapporto S/K (o $\ln(S/K)$), o ancora in termini di delta di Black&Sholes, cioè $N(d_1)$.

¹⁵ Ciò appare chiaro se si pensa che il numero complessivo di punti da calcolare è dato dal numero di punti della superficie di volatilità originaria moltiplicata per il numero di fattori di rischio nonché per il numero di istanti temporali considerati.

¹⁶ L'errore dovuto all'interpolazione lineare è proporzionale al quadrato della distanza fra i punti dati, di conseguenza esso aumenta se il numero di punti della superficie di volatilità originaria è sensibilmente diverso da quello della griglia standard. Per tale ragione è necessario differenziare queste ultime sulla base, ad esempio, dell'*asset class* di appartenenza del fattore di rischio [cfr. COMINCIOLI (1990)].

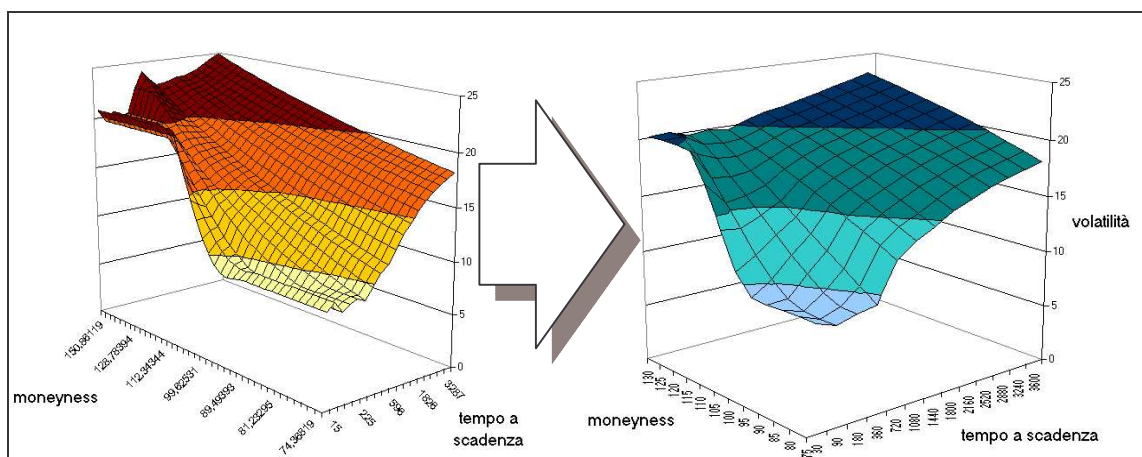
Figura 6 – La standardizzazione della tabella di volatilità standard

moneyness							
tempo a scadenza	74,36819	75,43059	76,52379	77,64914	78,80808	80,00215	
15	8,75	8,75	8,75	8,75	8,75	8,75	
43	9,415	9,415	9,415	9,415	9,415	9,415	
78	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	
134	8,85	8,85	8,85	8,85	8,85	8,85	
225	9,1375	9,1375	9,1375	9,1375	9,1375	9,26101	

moneyness		75	80	85	90	95	100
tempo a scadenza							
30		9,10625	9,10625	9,10625	9,062809434	9,106499482	8,822233
90		8,496428571	8,496428571	8,559053815	9,124249697	10,24093	10,207424
180		8,99532967	9,057650881	9,762319731	10,77507598	11,9267	12,296518
360		9,30626972	10,3374524	11,36654332	12,39039053	13,406	14,1414741
720		12,574339	13,36859147	14,12604241	14,85048514	15,5451	16,2126111
1080		13,78176918	14,52445935	15,22951941	15,90109135	16,54258	17,1568594
1440		14,64280147	15,35311669	16,02762794	16,6702394	17,28421156	17,87222265
1800		15,58733817	16,2374357	16,84829494	17,42464947	17,97036898	18,48863258
2160		16,29690652	16,91306973	17,49152437	18,03684871	18,55278489	19,04240383

Fonte: nostra elaborazione (software MS Excel) su dati Gruppo BP.

Figura 7 – La standardizzazione della superficie di volatilità



Fonte: nostra elaborazione (software MS Excel) su dati Gruppo BP.

5.2 Controlli quantitativi di merito

I controlli quantitativi di merito rappresentano la seconda macrofase del processo e hanno l'obiettivo di individuare e trattare eventuali elementi anomali, detti anche *outliers*, della matrice $Z_{t \times d}$ dei *market parameters*. In generale, si definisce *outlier* un'osservazione che presenta caratteristiche significativamente diverse da quelle della maggior parte del campione considerato, ovvero che si colloca ad una grande distanza (misurata da opportuna metrica) rispetto ad esso.

Le motivazioni alla base della presenza di tali *outliers* possono essere molteplici:

- errori di ricezione del dato dai mercati o dagli *information provider* esterni;
- errori di stima o di inserimento del dato nei sistemi informativi;

- naturale variabilità del *market parameter*, la cui distribuzione di probabilità può essere ad esempio caratterizzata da fenomeni di leptocurtosi. In tal caso, se il campione considerato non è sufficientemente ampio, può accadere che la distribuzione del campione differisca in maniera rilevante da quella originaria;
- provenienza del dato da una diversa popolazione, a causa di eventi che possono modificare in modo sostanziale il comportamento del *market parameter*. È il caso, ad esempio, delle operazioni di frazionamento azionario.

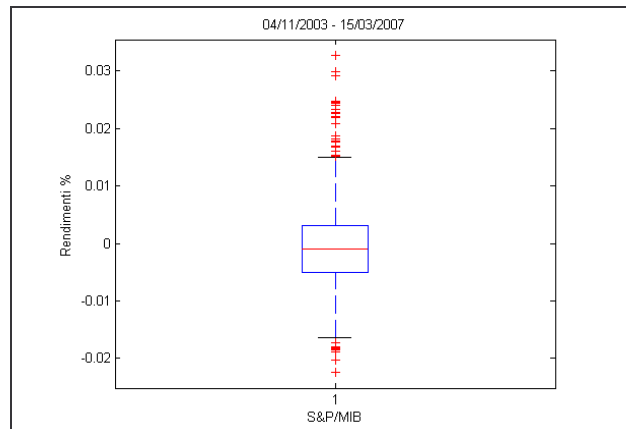
L'analisi per individuare gli *outliers* può procedere secondo due percorsi alternativi, in relazione al grado di sofisticazione che si desidera raggiungere. Se questo non è elevato, è opportuno ricorrere ad approcci c.d. *data driven*, i quali generalmente partono da una classificazione dei *market parameters* in insiemi sufficientemente omogenei, sotto il profilo dell'*asset class* (*equity, forex, interest rate, commodities*) e del tipo di parametro (prezzo, volatilità, correlazione), e in relazione a ciascuno fissano delle soglie di identificazione degli *outliers*. Tali soglie sono comunemente espresse come limiti sulle variazioni percentuali giornaliere, da calcolare ad esempio come opportuni multipli della varianza del campione.

Alternativamente, è possibile ricorrere ad approcci più sofisticati, detti anche *statistical driven*, i quali si fondano generalmente su metodologie statistiche che consentono di calcolare automaticamente e in modo dinamico all'interno del processo di controllo le soglie di identificazione degli *outliers*. Essi possono essere opportunamente raggruppati in due classi: le analisi marginali, anche dette unidimensionali, e le analisi congiunte, definite anche multidimensionali.

L'obiettivo delle analisi marginali, o unidimensionali, consiste nell'individuazione degli *outliers* con riferimento alla serie storica di un singolo *market parameter*, ovvero ad una singola colonna della matrice $Z_{t \times d}$. Le tecniche statistiche che possono essere opportunamente applicate a tal fine sono generalmente rappresentate dal metodo *box plot* e dal metodo della disuguaglianza di *Chebyshev*.

Nello specifico, il metodo *box plot* consiste in una tecnica statistica di rappresentazione grafica delle caratteristiche di una distribuzione teorica o empirica. In Figura 8 si propone un esempio di tale rappresentazione, riferita alla serie storica dei rendimenti percentuali giornalieri del S&P/MIB dal 04/11/2003 al 15/03/2007 (831 osservazioni).

Figura 8 – Box plot (S&P/MIB)



Fonte: nostra elaborazione (software Matlab) su dati Reuters®.

Il rettangolo, che rappresenta la c.d. distanza interquartilica, è una misura della dispersione di tale distribuzione. Le linee che si sviluppano a partire dagli estremi del rettangolo rappresentano una misura della variabilità della stessa. Esse possono essere tracciate alternativamente in due modi, ovvero considerando tutti i dati a disposizione o applicando un filtro che consenta di rappresentare separatamente i valori particolarmente “estremi”. In questo secondo caso le linee si arrestano in corrispondenza dei c.d. valori adiacenti. In particolare, se si indica con $r = (Q_3 - Q_1)$ la distanza interquartilica, il valore adiacente inferiore è il valore più basso della distribuzione che risulta maggiore o uguale a $(Q_1 - 1,5r)$. Al contrario, il valore adiacente superiore è il valore più elevato della distribuzione che risulta inferiore o uguale a $(Q_3 + 1,5r)$ ¹⁷. I valori che eccedono tali soglie sono considerati *outliers* e sono rappresentati nel *box plot* come asterischi. La Tabella 9 mostra i risultati del metodo applicato al campione rappresentato in Figura 8.

Tabella 9 – Metodo box plot (S&P/MIB)

	Rendimenti % S&P/MIB
Q_1	-0.0050
Q_2	-0.0010
Q_3	0.0031
$(Q_3 - Q_1)$	0,0081
$(Q_1 - 1,5r)$	-0.0170
$(Q_3 + 1,5r)$	0.0151
Outliers	35

Fonte: nostra elaborazione (software Matlab) su dati Reuters®.

¹⁷ Cfr. TUKEY (1977).

Per ciascuno degli *outlier* è opportuno condurre un'attenta analisi volta ad identificarne le cause. Tale analisi, in alcuni casi, può condurre all'eliminazione dell'*outlier*, e in questi casi è necessario procedere alla ricostruzione del dato mediante gli algoritmi presentati sopra. Talora può essere invece utile introdurre una soglia ulteriore, in modo tale da classificare gli *outliers* sulla base della loro importanza e predisporre dei processi automatici che, a seconda della categoria, provvedano a dare indicazioni per un adeguato trattamento dell'*outlier* (analisi più approfondite, eliminazione del dato, ecc.). Con riferimento al caso precedente, la Tabella 10 mostra tale classificazione ponendo tale soglia pari a $[(Q_1 - 3r), (Q_3 + 3r)]$.

Tabella 10 – Classificazione metodo box plot (S&P/MIB)

	$[(Q_1 - 1,5r), (Q_3 + 1,5r)]$	$[(Q_1 - 3r), (Q_3 + 3r)]$
Soglia inferiore	-0.0170	-0.0291
Soglia superiore	0.0151	0.0272
Outliers	35	3

Fonte: nostra elaborazione (software Matlab) su dati Reuters®.

Alternativamente, in questo ambito è possibile ricorrere ad un secondo tipo di approccio, basato sulla disuguaglianza di *Chebyshev*. Esso trova il suo fondamento nel teorema di *Chebyshev*¹⁸, il quale afferma che data una variabile casuale di cui sono noti solamente la media aritmetica μ e la deviazione standard σ , è possibile conoscere la massima frequenza relativa delle osservazioni che assumono valori esterni ad un determinato intervallo simmetrico rispetto alla media aritmetica μ . Indipendentemente dalla distribuzione di tale variabile, la probabilità che essa assuma valori distanti dalla media più di k -volte la deviazione standard è pari al massimo a $\frac{1}{k^2}$, ovvero:

$$P(|x_i - \mu| \geq k \cdot \sigma) \leq \frac{1}{k^2} \quad (9)$$

L'aspetto più importante di questo teorema è che, nonostante coinvolga solo i primi due momenti, è valido a prescindere dalla forma della distribuzione di probabilità della variabile oggetto di studio, e di conseguenza può trovare corretta applicazione nel contesto delle serie storiche dei *market parameters* le quali, come noto, presentano di frequente una distribuzione diversa da quella normale. Nel corso del

¹⁸ Cfr. SAW et al. (1984).

processo di controllo, il metodo di individuazione degli *outliers* fondato su tale teorema consente di identificare questi ultimi come quei valori che si scostano dalla media aritmetica di almeno k -volte la deviazione standard ($\mu \pm k\sigma$). Ovviamente anche in questo caso è possibile stabilire più di un coefficiente k , in modo tale da classificare gli *outliers* sulla base della loro importanza. La Tabella 11 mostra i risultati del metodo della disuguaglianza di *Chebyshev* applicato al campione oggetto di studio, utilizzando i coefficienti $k = 2$ e $k = 3$.

Dall'analisi delle Tabelle 10 e 11 emerge come non sia possibile stabilire quale dei due metodi presentati sia preferibile adottare nel corso del processo di controllo. E' però da notare che il metodo *box plot* è ritenuto più robusto di quello di *Chebyshev* in quanto si fonda su quantità (mediana, quartili) meno sensibili per natura alla presenza di *outliers*, rispetto a quelle (media, deviazione standard) sui cui si fonda il metodo della disuguaglianza di *Chebyshev*¹⁹.

Tabella 11 – Metodo Chebyshev (S&P/MIB)

	Rendimenti % S&P/MIB
μ	-0.0005
σ	0.007403
$\mu - 2\sigma$	-0.01531
$\mu + 2\sigma$	0.014305
$\mu - 3\sigma$	-0.02271
$\mu + 3\sigma$	0.021708
Outliers $k = 2$	47
Outliers $k = 3$	14

Fonte: nostra elaborazione (software MS Excel) su dati Reuters®.

Infine, appare evidente quanto sia importante una corretta calibrazione dei parametri di soglia (k , ecc.) in quanto al variare di questi ultimi, il numero di *outliers* individuati varia in maniera significativa (nel nostro caso da 35 a 3 e da 47 a 14). In ogni caso, dipende dalle policy interne della banca la ricerca del migliore trade-off tra controlli aggressivi o prudenti, in quanto queste tecniche statistiche, come le altre trattate in seguito, possono determinare *falsi positivi* o *falsi negativi*, con un eccesso (costi) o una carenza (rischi) di controlli.

¹⁹ E' possibile però aggirare questo problema utilizzando stimatori meno sensibili agli outliers.

Le analisi congiunte, contrariamente a quelle marginali, consentono di individuare la presenza di *outliers* con riferimento alle serie storiche di tutti i *market parameters* considerati, vale a dire all'intera matrice $\mathbf{Z}_{t \times d}$. Di conseguenza, in questo caso, l'eventuale eliminazione di *outliers* non riguarderà più, come nel caso precedente, singole celle di tale matrice, bensì intere righe, ovvero giornate di osservazioni. Per quanto riguarda le tecniche statistiche che possono essere opportunamente applicate in questo contesto, le proposte della letteratura scientifica vertono in massima parte su approcci fondati sulle distanze, detti anche *distance based outliers approaches*. Riprendendo il lavoro di KNORR et al. (1999), si definisce *distance based outlier*, $DBO(p, D)$, una osservazione O appartenente ad un *dataset* T se almeno una percentuale p delle osservazioni in T si situa rispetto ad O ad una distanza superiore a D . Le misure di distanza adottabili in questo contesto sono molteplici, la maggior parte della quali sviluppate tra l'altro nell'ambito della *cluster analysis*²⁰, ma le più diffuse nella pratica sono: la distanza Euclidea, la distanza di *Manhattan* (o distanza assoluta) e la distanza di *Mahalanobis*. Le prime due sono standard in molte applicazioni e non richiedono qui ulteriori approfondimenti anche perché la metrica più utile nell'ambito del processo di controllo dei *market parameters* è la distanza di *Mahalanobis*. Infatti, a differenza delle precedenti, è in grado di cogliere anche la struttura di correlazione esistente tra le variabili oggetto di studio. Nello specifico, data la matrice $\mathbf{Z}_{t \times d}$ dei *market parameters*, e considerata ciascuna riga di tale matrice come una singola osservazione $\mathbf{X}_i = (Z_{1,i}, Z_{2,i}, \dots, Z_{d,i})$, la distanza di *Mahalanobis* si definisce come:

$$D_M(\mathbf{X}_i) = \sqrt{(\mathbf{X}_i - \boldsymbol{\mu})^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} (\mathbf{X}_i - \boldsymbol{\mu})} \quad (10)$$

dove:

$\boldsymbol{\mu}$ = vettore medio delle osservazioni \mathbf{X}_i

$\boldsymbol{\Sigma}$ = matrice varianza-covarianza dei T vettori \mathbf{X}_i osservati;

Questa distanza viene confrontata con il valore critico p , ad un livello di significatività prescelto α , della distribuzione $\chi^2(d)$, dove i gradi di libertà d coincidono con il numero di colonne della matrice $\mathbf{Z}_{t \times d}$. Ogniqualevolta $D_M(\mathbf{X}_i) > p$ allora il vettore \mathbf{X}_i rappresenta un *outlier*. Al fine di illustrare l'applicazione di questo

²⁰ La *cluster analysis* è una tecnica di analisi multivariata attraverso la quale è possibile raggruppare popolazioni molto numerose di elementi, in modo da minimizzare la lontananza logica interna a ciascun gruppo e di massimizzare quella tra i gruppi.

metodo ricorriamo ad un esempio concreto e consideriamo la serie storica dei rendimenti percentuali giornalieri dell'indice S&P/MIB (04/11/2003 – 15/03/2007, 831 osservazioni), cui affianchiamo le serie storiche dei rendimenti percentuali giornalieri di altri tre indici azionari, ovvero: Nikkei 225, S&P 500 e Dj EuroStoxx 50. La Tabella 12 mostra le statistiche di tale campione.

Tabella 12 – Statistiche del campione (4 indici)

	S&P/MIB	Nikkei 225	S&P 500	Dj EuroStoxx 50
Media	0.0005	0.00053	0.00033	0.000502
Dev. standard	0.00740	0.01108	0.00664	0.008478
Skewness	-0.65203	-0.27913	-0.22882	-0.36864
Kurtosis	1.78878	2.03279	1.26135	1.26257

Fonte: nostra elaborazione (software MS Excel) su dati Reuters@.

Calcoliamo quindi per ciascuna osservazione (riga) di tale campione la distanza di Mahalanobis e confrontiamo tale misura con il valore critico p della distribuzione $\chi^2(4)$ ad un livello di significatività pari a 0,05 e 0,01. Le Tabelle 13 e 14 illustrano il risultato di tale analisi.

Tabella 13 – Mahalanobis outliers (4 indici)

	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$
$\chi^2(4)$	9.4877	13.2767
Outliers	65	29

Fonte: nostra elaborazione (software MS Excel) su dati Reuters@.

Tabella 14 – Esempi Mahalanobis outliers (4 indici)

DATA	S&P/MIB	Nikkei 225	S&P 500	Dj EuroStoxx 50	D_M	OUTLIER
11/12/2003	0.0080	0.0165	0.0114	0.0090	4.4654	N
12/12/2003	-	0.0093	0.0027	0.0003	3.4224	N
15/12/2003	0.0062	0.0311	-0.0057	0.0050	9.7370	(0,05)
16/12/2003	-	-0.0211	0.0066	-0.0006	5.9321	N
17/12/2003	0.0010	-0.0176	0.0013	-0.0018	3.2636	N
18/12/2003	0.0053	0.0011	0.0117	0.0083	3.1818	N
19/12/2003	-	0.0177	-0.0005	0.0039	16.6628	(0,01)

Fonte: nostra elaborazione (software MS Excel) su dati Reuters@.

Come si osserva, in questo caso l'analisi volta ad identificare, ed eventualmente ad eliminare, tali *outliers* riguarda un'intera giornata di osservazioni (riga). Per questa ragione è opportuno, in via preliminare, suddividere la matrice $Z_{t \times d}$ dei *market parameters* in insiemi omogenei sotto il profilo dell'*asset class* e del tipo di parametro, in modo tale da rendere significativo il processo di individuazione e le successive analisi sugli *outliers*. Oltre a ciò, tale suddivisione consente di calcolare matrici varianza-covarianza (e corrispondenti inverse) di minori dimensioni riducendo, di conseguenza, il costo complessivo del processo in termini computazionali.

5.3 Controlli di benchmarking

L'ultima fase del processo di controllo consiste nel confrontare le serie storiche dei differenti *market parameters* considerati, con quelle di appropriati termini di paragone, rappresentati dai *benchmark*. Tale processo assume particolare rilievo nell'ambito dei *market parameters* di ordine superiore (volatilità e correlazione), i quali sono classificabili discrezionali, nel senso già descritto di stime e views interne da parte della banca. In tale contesto, l'obiettivo del sistema di controllo è rappresentato unicamente dall'acquisizione e dalla memorizzazione dei dati di *benchmark*, in quanto l'attività di analisi e di confronto richiede necessariamente l'intervento umano²¹. A questo proposito i mercati, le istituzioni finanziarie e differenti *information providers* mettono a disposizione utili indicatori da porre a confronto con le stime interne.

Innanzitutto, per ciò che riguarda i dati di volatilità, con riferimento in particolare all'*asset class equity*, il mercato fornisce giornalmente alcuni indicatori rappresentativi della volatilità implicita dei principali indici azionari mondiali. Essi possono essere opportunamente posti a confronto con le superfici di volatilità associate a tali indici stimate dalla banca al fine di verificarne l'affidabilità.

Alternativamente, in questo ambito, è possibile ricorrere ai dati forniti dai diversi *information providers* presenti sul mercato, i quali di frequente effettuano proprie stime circa le superfici di volatilità implicita associate ai principali indici di mercato, con riferimento alle diverse *asset class*, nonché a ciascuna singola attività componente tali indici. Rispetto al mercato, che fornisce un dato di sintesi (uno o più

²¹ Si pensi solamente ad un confronto tra il livello di volatilità implicita stimata dalla banca e quello della volatilità storica. In questo contesto, colui che effettua l'analisi dovrà stabilire uno *spread* opportuno da applicare a quest'ultima, poiché essa assume generalmente un livello inferiore rispetto alla volatilità implicita, la quale si fonda, come noto, sul principio di valutazione *risk neutral*. Di conseguenza lo *spread* da applicare ai fini del confronto con la volatilità storica dipende, in larga misura, dal premio per il rischio.

indicatori di volatilità associati a ciascun indice), tali istituzioni forniscono un dato di maggiore dettaglio rappresentato da intere superfici, ovvero da più livelli di volatilità che dipendono dalla *moneyness* e dal tempo a scadenza delle opzioni sulla base delle quali tale volatilità è stata calcolata. Va infatti osservato che le opzioni quotate hanno in genere scadenze brevi o medie, inferiori ai due anni, mentre le posizioni in derivati OTC equity delle banche hanno spesso scadenze anche di 5 anni che vanno monitorate. Ovviamente, anche in questo caso, al fine di rendere possibile il confronto tra le superfici di volatilità stimate internamente e quelle fornite da tali istituzioni, è opportuno in via preliminare standardizzare entrambe le superfici, ovvero renderle omogenee sotto il profilo delle coordinate di *moneyness* e di tempo a scadenza.

Infine, un utile termine da porre a confronto con le stime di volatilità implicita effettuate della banca è rappresentato dalla volatilità calcolata sulla base della serie storica dei rendimenti dell'attività considerata, vale a dire dalla c.d. volatilità storica. Lo stesso approccio consente di calcolare la c.d. correlazione storica, che rappresenta di fatto l'unico *benchmark* utilizzabile nel confronto con le matrici di correlazione stimate internamente.

6. Il processo di controllo dei market parameter implementato presso BP

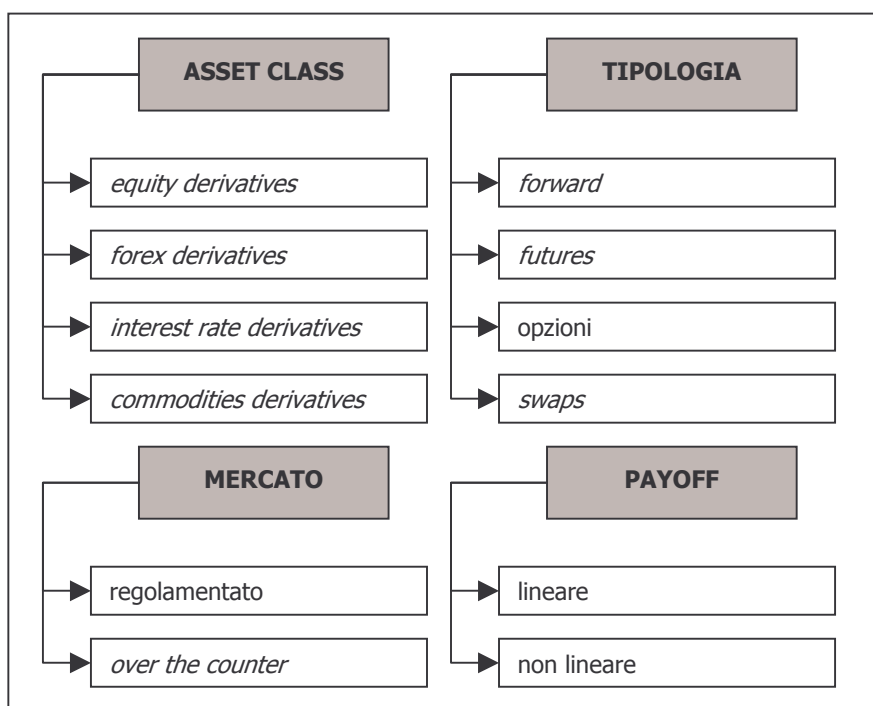
Il portafoglio di negoziazione di banche ed istituzioni finanziarie si compone di numerosi strumenti finanziari, la maggior parte dei quali presenta caratteristiche peculiari in termini di *payoff*, modelli di *pricing* applicabili e di sensibilità all'insieme dei *market parameters* osservabili sul mercato (azionario, obbligazionario e valutario). Nell'ambito della tradizionale distinzione, ribadita anche dai principi contabili IAS²², tra strumenti finanziari primari (azioni, obbligazioni convertibili, *warrants*, *covered warrants* e certificati rappresentativi di quote di fondi chiusi mobiliari ed immobiliari) e strumenti derivati (*forward*, *futures*, opzioni e *swaps*), ai fini dell'applicazione di un sistema di controllo assumono particolarmente rilevanza questi ultimi, considerato il ruolo basilare che i *market parameters*, in particolare quelli discrezionali come la volatilità e la correlazione, rivestono nel processo di valutazione e *pricing* ad essi relativo. A questo proposito va aggiunto come ulteriore complessità che, pur andando gli IAS verso una visione mark to market del bilancio,

²² "Financial instruments include both primary instruments, such as receivables payables and equity securities and derivative instruments such as financial options futures and forwards, interest rate swaps and currency swaps" [cfr. IASB (1998)].

possono esistere nella pratica differenze tra i market parameters *gestionali* per il calcolo delle P&L e quelli che subiscono un processo di “freeze” per il bilancio, per prezzo *medio* vs. prezzo *last* o differenti orari di *fixing*.

Gli strumenti finanziari derivati possono essere classificati in relazione a diversi parametri come sintetizzato in Figura 9 .

Figura 9 – Parametri e classificazione degli strumenti derivati



Data la particolare rilevanza che i *market parameters* utilizzati nella valutazione e nel *pricing* degli strumenti finanziari derivati assumono ai fini dell'applicazione di un sistema di controllo, in fase di progettazione di tale sistema è necessario valutare se includere o meno nel processo tutti gli strumenti presenti nel *trading book* considerato. A tal fine occorre analizzare la composizione del portafoglio in esame e valutare il grado di esposizione verso i differenti strumenti finanziari derivati. Se da tale analisi risulta che la composizione del *trading book* è fortemente sbilanciata verso determinati strumenti, è opportuno concentrare il processo di controllo verso i corrispondenti *market parameters*, trascurando eventualmente quelli verso i quali il portafoglio presenta una esposizione meno rilevante. A ciò si devono aggiungere considerazioni relative al tempo e al costo in termini computazionali del processo.

Nel seguito si presenta l'esperienza di BP relativa alle fasi di progettazione del sistema, acquisizione di dati e processo di controllo vero e proprio.

6.1 Progettazione del sistema di controllo presso il Gruppo Banco Popolare di Verona e Novara

Presso il Gruppo Banco Popolare è in fase avanzata un progetto per il monitoraggio dei market parameters, con enfasi su quelli discrezionali/impliciti. Va rilevato che un tale progetto non può essere limitato ad un set di tecniche statistiche, softwares e providing dei dati, ma deve trovare realizzazione in un sistema organico di *processi*, definizione degli *owners* degli stessi, controlli di secondo e terzo livello, meccanismi penalizzanti e premianti, sistemi di comunicazione e *reporting* periodici verso alta direzione. L'importanza di condivisione strategica su questi punti e la complessità intrinseca giustificano l'impegno e la durata di questo progetto, iniziato a ottobre 2006.

Un primo passo è il consenso sulla lista dei tipi di market parameters soggetti a controllo, con le definizioni del loro perimetro, delle eventuali regole interne di valorizzazione e stima.

Tale documento è denominato *Libro delle Fonti*. La Tabella 15 riporta un estratto (provvisorio) di tale documento relativo ai *market parameters* discrezionali utilizzati per la valutazione ed il *pricing* degli strumenti derivati da parte degli specifici uffici di riferimento (EQ, IRD, FX).

Tabella 15– Market parameters discrezionali

PARAMETRO DI RIFERIMENTO	CRITERIO DI STIMA	OWNER	FONTE
Struttura dei tassi Repo Indica la struttura dei tassi a termine per i PCT	Interpolazione di dati elementari di mercato	EQ	Broker
Future basis Il valore dello strumento sottostante in base alle attualizzazioni dei tassi e dei dividendi	È una comparazione tra il sottostante e future	EQ	Stima del Desk
Volatilità in Cambi Indica la variazione media che l'evento variazione percentuale dei prezzi subisce nel tempo	Matrice Strike/Maturity	FX	Stima del Desk
Volatilità Metalli Indica la variazione media che l'evento variazione percentuale dei prezzi subisce nel tempo	Matrice Strike/Maturity	FX	n.d.
Volatilità petrolio e derivati su petrolio Indica la variazione media che	Matrice Strike/Maturity	FX	n.d.

l'evento variazione percentuale dei prezzi subisce nel tempo			
Volatilità per Swaption non ATM (cubo di Volatilità) Indica la volatilità dell'opzione con sottostante uno swap	Matrice Strike/Maturity	IRD	Broker
Struttura dei dividendi Indica la previsione futura sui dividendi degli strumenti in posizione	Strumenti di calcolo	EQ	Stima del Desk
Bid/Ask Spread è esprimibile sia per i livelli sia per la volatilità e indica il differenziale denaro lettera sul mercato		EQ	Stima del Desk
Volatilità del sottostante		EQ	Stima del Desk
Volatilità della volatilità Indica la variazione media che la volatilità ha in un certo lasso temporale	Stimato sulla base delle volatilità storiche e delle quotazioni di straddle-strangle	EQ	Stima del Desk
Correlazioni tra coppie di sottostanti Indica quanto varia uno strumento al variare dell'altro		EQ	Stima del Desk
Correlazioni tra sottostante e divisa Indica quanto varia uno strumento al variare della divisa di negoziazione	Confronti fra le variazioni di periodo dello strumento e della divisa di negoziazione	EQ	Stima del Desk
Correlazione tra tassi a breve e Forex	Confronti fra le variazioni di periodo delle due tipologie di tassi	IRD	Stima del Desk
Parametri di correlazioni (BGM, Range accrual, spread CMS)		IRD	Stima del Desk
Curva Inflazione Indica la previsione dell'inflazione attesa/reale		IRD	n.d.
Mean reversion È la velocità con la quale la volatilità giunge al punto medio	Formula matematica	IRD	Stima del Desk
Correlazioni tra divise Indica quanto varia una divisa al variare di un'altra divisa	Confronti fra le variazioni di periodo delle due divise	FX	Stima del Desk
Curve Forward sottostanti		FX	n.d.

Fonte: Gruppo BP.

Il progetto ha interessato in primo luogo il comparto equity, ed è in fase di progressiva estensione a Forex e Interest rate.

Descriviamo nel seguito le caratteristiche del sistema di controllo dei *market parameters* presso il Gruppo BP. I *market parameters* considerati in questo lavoro

sono quelli associati agli strumenti finanziari derivati su azioni, indici o fondi azionari²³ (vd. Tabella 16).

Tabella 16 – Market parameters considerati

PARAMETRO	TIPOLOGIA	FONTE	FREQUENZA DI AGGIORNAMENTO	CRITERIO DI STIMA
Prezzo del sottostante	Quotato	Reuters®	Giornaliera	
Volatilità del sottostante	Discrezionale	Stima del desk	Giornaliera	Costruzione della superficie di volatilità implicita tramite interpolazione tra i punti ottenuti dal mercato OTC vanilla
Correlazione tra coppie di sottostanti	Discrezionale	Stima del desk	Giornaliera	Stimata sulla base di correlation swaps quotati sul mercato OTC

Fonte: Gruppo BP.

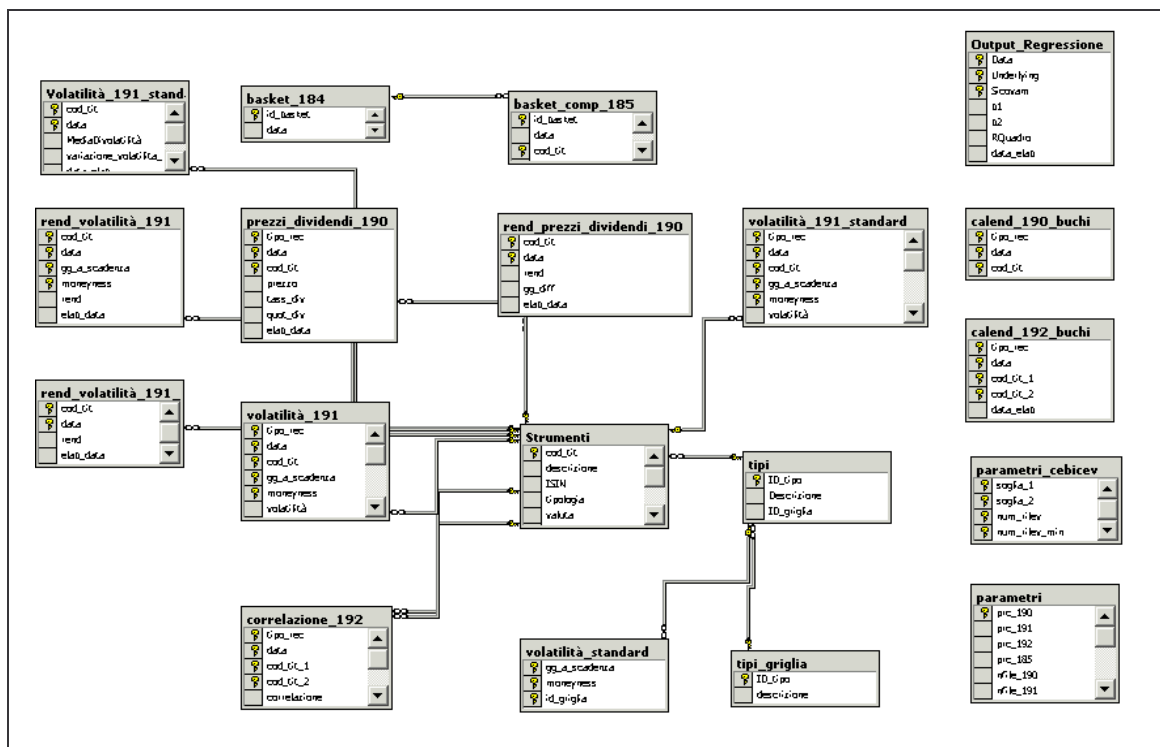
La soluzione tecnica adottata dal Gruppo BP consiste nella realizzazione di un applicativo software, denominato *Market Parameters Check* (MaPaC), il quale si fonda su un database realizzato in ambiente di sviluppo Microsoft® Office Access / Visual basic2000 e Microsoft® SQL Server e presenta una architettura tipica di un sistema di sintesi e di controllo: recepisce i dati da altri sistemi, li riorganizza ed effettua su di questi una serie di controlli. Gli algoritmi più complessi sono stati realizzati con *MathCAD®* (controllo positività matrici, regressioni, ...)

L'approccio adottato dal Gruppo in fase di progettazione concettuale è il cd. approccio *bottom-up*, che parte dalla descrizione del problema, identifica gli attributi di interesse e aggregando questi ultimi ottiene uno schema rappresentativo dell'intero sistema. Questo tipo di approccio, che a differenza di quello *top-down* non consente di avere immediatamente una visione di insieme globale ed astratta dell'intero sistema, è stato preferito in quanto il Gruppo ha ritenuto che esso possa

²³ Il lavoro si concentra sui derivati azionari, ma la stessa struttura di controllo può essere applicata ai derivati su forex e su tassi d'interesse.

garantire maggiormente il soddisfacimento da parte del database delle reali esigenze informative degli utenti finali. La Figura 11 mostra il risultato finale della progettazione del database dell'applicativo MaPaC.

Figura 10- Schema relazionale del database di MaPaC



Fonte: Gruppo BP.

Sulla base delle specifiche della base dati così ottenuta, l'applicativo realizzato accede ai dati di interesse e mette in atto il processo di controllo dei *market parameters*, il quale si articola, almeno in prima approssimazione, in due momenti ben distinti. In una prima fase, definita *import*, il sistema importa i dati necessari alle analisi dai sistemi di *front office* ed effettua su di essi i primi controlli. Successivamente, gli utenti hanno la possibilità di visualizzare i dati importati, eseguire *on demand* altri controlli su di essi, esportare gli stessi in ambiente Microsoft® Excel e produrre reportistica. Allo stato attuale, sono stati realizzati i controlli *endogeni* di tipo statistico e quelli di benchmarking con stime di tipo storico; sono in fase di attivazione i metodi di verifica vs. benchmarking esterni, causa la difficoltà di selezione di providers completi nella copertura e affidabili nella qualità e robustezza della fornitura.

Per quanto attiene attori e processi, è previsto che il soggetto autore di controlli sia la struttura di Risk Management interna alla finanza, che monitora P&L

e rischio dei desk, con una supervisione e controllo di secondo livello del Risk Management di gruppo, che in quanto distributore ufficiale del VaR di gruppo deve preoccuparsi dell'aderenza dei parametri con quelli, non sempre gli stessi, utilizzati per tali misure di rischio. Esiste inoltre un comitato "*Modelli di Pricing e Market Parameters*" che periodicamente si confronta sui problemi e valida le relative soluzioni e innovazioni. Di questo comitato fanno parte le due strutture di Risk Management, SGS, Audit, Organizzazione.

6.2 Alimentazione della base dati

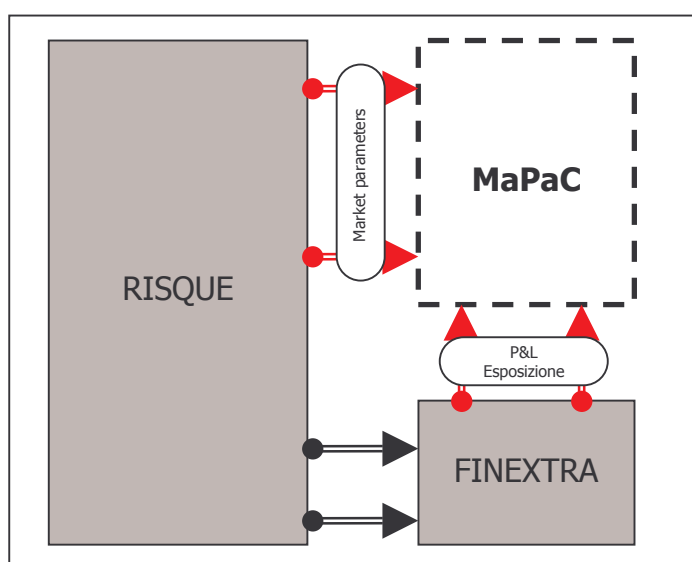
I sistemi informativi da cui vengono prelevati giornalmente i dati relativi ai *market parameters* da sottoporre al processo di controllo sono rappresentati principalmente dai sistemi di *front office* detti di *position keeping*. L'obiettivo di tali sistemi consiste nella raccolta sistematica delle informazioni elementari relative all'attività di operatività sui mercati e in una prima rendicontazione di carattere gestionale di tali informazioni, al fine di veicolarle verso la rendicontazione contabile ufficiale, nonché di utilizzarle a supporto delle decisioni di investimento e di disinvestimento degli operatori di *front office*. A tal fine, essi presentano una struttura organizzata su tre livelli. Il primo, il c.d. livello delle librerie, comprende gli algoritmi che realizzano le funzioni caratteristiche, tra i quali assumono rilievo gli algoritmi di *pricing* con i quali vengono valutate ogni giorno le posizioni nel *trading book* e, di conseguenza, calcolate le corrispondenti P&L. Il secondo livello, detto anche livello delle logiche, comprende le istruzioni che realizzano l'interazione della macchina con gli utenti (inserimento dati, visualizzazione, reportistica, ecc.) e l'accesso alla base dati. Oltre a ciò, tale livello include alcune logiche di combinazione delle librerie che consentono di ottenere particolari funzionalità da parte dell'applicativo, come ad esempio il calcolo del P&L di *backtesting* o delle c.d. lettere greche. Ad ultimo, il livello della basi dati consente la memorizzazione dei dati e delle informazioni su cui opera il sistema in apposite tabelle opportunamente organizzate. I sistemi di *position keeping* attualmente in uso nell'ambito del Gruppo BP risultano essere i seguenti:

- *Merlino*, dedicato alla gestione dell'operatività in strumenti finanziari primari e in strumenti derivati quotati plain su mercati regolamentati;
- *Panorama-Devon*, dedicato alla gestione dell'operatività in strumenti finanziari derivati quotati su mercati non regolamentati (OTC), in fase di dismissione;

- *Risque*, che va sostituendo Panorama-Devon nella gestione dell'operatività in strumenti derivati OTC;
- *ORC*, per le operazioni in certificates

Se i *market parameters* considerati ai fini del processo di controllo sono per il momento solo quelli associati agli strumenti finanziari derivati su azioni, indici o fondi azionari, il sistema "alimentante" di tale processo è di conseguenza rappresentato principalmente dal sistema *Risque*. Esso, tuttavia, non costituisce, almeno direttamente, l'unico sistema da cui trae origine la base dati di *MaPaC*, in quanto alcune informazioni, in particolare i dati di P&L e di esposizione, vengono importati da un altro applicativo, denominato *Finextra*. Esso consiste, in particolare, in un sistema di *data warehousing*²⁴ utilizzato dal Gruppo per la redazione e la certificazione del conto economico gestionale, nonché per la produzione della reportistica ufficiale, le cui fonti sono rappresentate, in prevalenza, proprio dai sistemi informativi di *front office*. Ciononostante esso rappresenta un applicativo a se stante, dal quale *MaPaC* preleva giornalmente una serie di dati. La Figura 11 mostra i sistemi "alimentanti", mentre la Tabella 17 riporta il numero degli strumenti finanziari sottostanti considerati alla data del 14/12/2006.

Figura 11 - Sistemi alimentanti



²⁴ Un sistema di *data warehousing* consiste in un database non sottoposto al processo di normalizzazione, al fine di agevolare le operazioni di lettura e di estrazione dei dati, a discapito tuttavia dell'integrità e dell'aggiornabilità di questi ultimi.

Tabella 17 – Strumenti sottostanti Gruppo BP

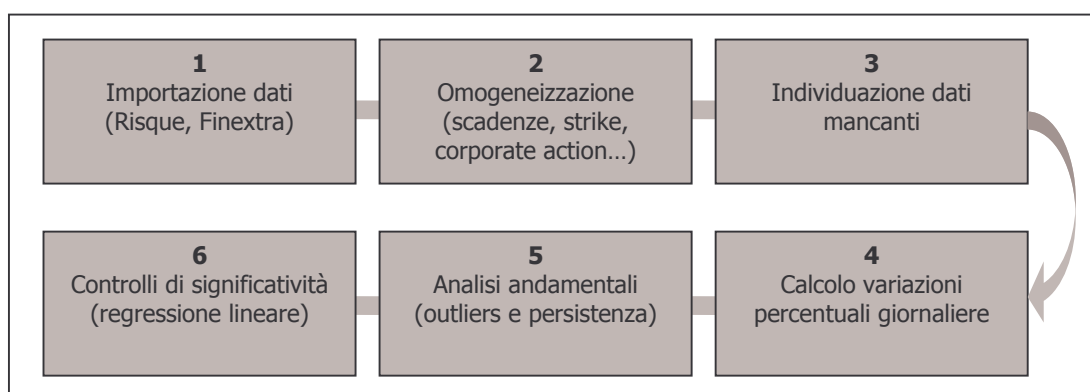
STRUMENTI SOTTOSTANTI	NUMEROSITÀ
<i>equity</i>	94
<i>index</i>	90
<i>fund</i>	47
TOTALE	231

Fonte: Gruppo BP.

6.3 Processo di controllo

Il processo di controllo dei *market parameters* si articola, in prima approssimazione, in due momenti ben distinti. In una prima fase, denominata processo di importazione, il sistema importa i dati necessari alle analisi dai sistemi “alimentanti” (Risque e Finextra) ed effettua automaticamente su di essi i principali controlli. Successivamente, gli utenti dell’applicativo hanno la possibilità di visualizzare i dati importati, esportarli in ambiente MS Excel e produrre reportistica sui risultati ottenuti. Più nel dettaglio, il processo di importazione si compone delle seguenti fasi (illustrate in Figura 12): importazione giornaliera dei dati, omogeneizzazione delle superfici di volatilità, individuazione dei dati mancanti e incompatibili, calcolo delle variazioni percentuali giornaliere, analisi andamentali e controlli di significatività.

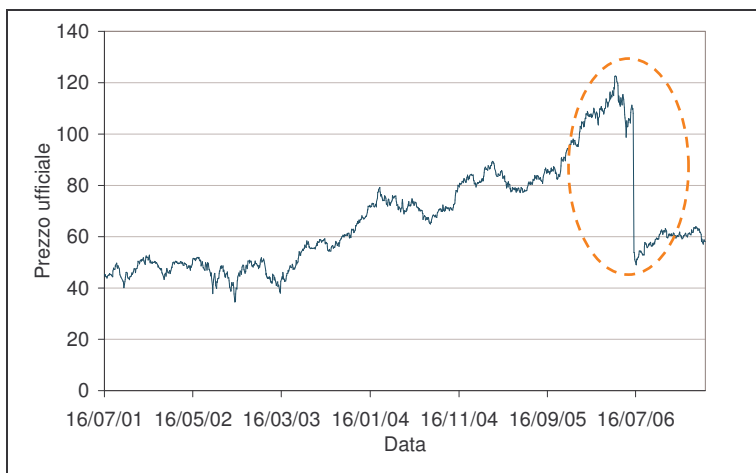
Figura 12– Processo di importazione



Della fase di importazione dei dati abbiamo già parlato in precedenza. Nella fase di omogeneizzazione, aspetti di particolare rilievo sono la multidimensionalità delle serie storiche e le aggregazioni tra i *market parameters*. Con riferimento al primo aspetto, consideriamo a titolo di esempio un ipotetico portafoglio costituito da opzioni *plain vanilla call* scritte sul titolo azionario UBS per il quale il *market*

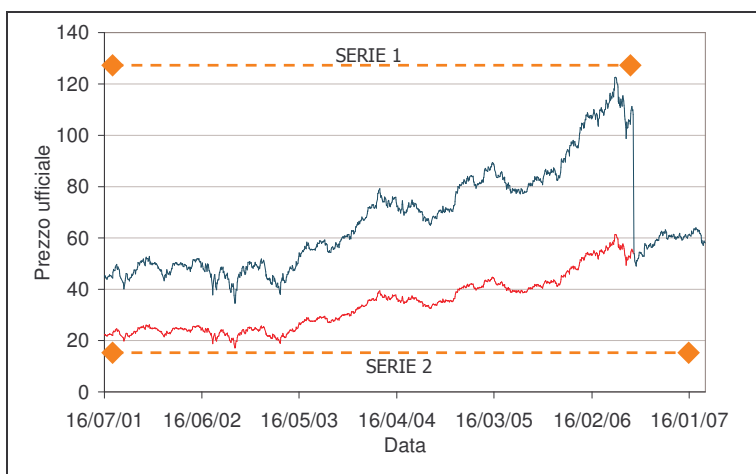
parameter più rilevante è costituito dal prezzo, e dal corrispondente rendimento percentuale, del titolo sottostante. La Figura 13 mostra la serie storica del prezzo di chiusura del titolo UBS con frequenza giornaliera nel periodo che va dal 16/07/2001 al 12/03/2007, dove si osserva un brusco calo, che tuttavia è imputabile ad una operazione di *split* azionario effettuata dalla società proprio in data 10/07/2006 (ovvero raddoppio delle azioni in circolazione e conseguente dimezzamento del loro prezzo). La maggior parte dei *data provider* presenti sul mercato tengono conto di queste e di altre operazioni (es. stacco dei dividendi), fornendo oltre al prezzo ufficiale anche il c.d. prezzo di chiusura aggiustata, ovvero “ricostruita” tenendo conto di tali operazioni (vd. Figura 14) e le serie di riferimento diventano due, dove la prima si arresta al giorno dello split.

Figura 13 – Prezzo ufficiale del titolo UBS



Fonte: nostra elaborazione (software MS Excel) su dati Reuters®.

Figura 14 – Prezzo ufficiale e di chiusura aggiustata del titolo UBS



Fonte: nostra elaborazione (software MS Excel) su dati Reuters®.

In fase di progettazione di un sistema di controllo dei *market parameters* è di fondamentale importanza tenere sotto controllo questo aspetto, anche detto di multidimensionalità della serie storica, in quanto generalmente la banca, per motivazioni legate a processi di *risk management* ed *internal audit*, è interessata a mantenere il controllo su tutte le serie storiche associate a ciascun *market parameter*.

Un secondo aspetto che merita una particolare attenzione in questo ambito è rappresentato dalle aggregazioni tra i *market parameters*. Consideriamo ad esempio la struttura per scadenze riferita ai rendimenti dei titoli di stato italiani e pubblicata dal *data provider* Bloomberg® (vd. Tabella 6): il *data provider* considera ciascun tasso della SPS come un *market parameter* a sè, con un proprio codice identificativo e una corrispondente serie storica. Per semplicità, anche computazionale, è opportuno aggregare tali fattori e considerare ciascuna SPS come un unico *market parameter*. Questo approccio è particolarmente utile nelle analisi *what if* e di *stress testing*, dove l'aumento delle correlazioni suggerisce di definire in modo globale shock simili sui *market parameters* granulari della stessa famiglia.

Lo stesso vale ad esempio per le superfici di volatilità implicita (vedi par. 5.1). Le superfici di volatilità rivestono un ruolo particolarmente importante per un portafoglio con una larga componente di derivati: la soluzione adottata dal Gruppo BP è quella di ricorrere ad un algoritmo di interpolazione bilineare, implementato nell'applicativo MaPaC mediante opportuno codice VBA e *query* SQL. Esso, a partire da una o più griglie standard definite dall'utente in fase di parametrizzazione, provvede a trasformare le superfici di volatilità originarie nelle superfici standard, caratterizzate cioè da coordinate di *moneyiness* e di tempo a scadenza predefinite e stabili. Ciò si traduce, in termini di modello dati, nella trasformazione della tabella "volatilità_grezza" nella tabella "volatilità_standard", la quale, nonostante risulti composta dagli stessi campi della precedente, viene popolata con dati di volatilità implicita le cui coordinate di *moneyiness* e di tempo a scadenza corrispondono a quelle delle griglie standard definite in precedenza. Un ulteriore problema in questa fase è legato ai molti modi di definizione delle *moneyiness* nei mercati: in termini di strike K , in termini di rapporti percentuali S/K o K/S , in termini di delta, ecc. ecc.

Nel corso della terza fase il sistema provvede, mediante opportune *query* SQL, all'individuazione di eventuali dati mancanti, ponendo a confronto le tabelle

“prezzi_dividendi_190”, “volatilità_191” e “correlazione_192” corrispondenti alla giornata importata (t) con quelle del giorno precedente ($t - 1$). Ciò consente anche di individuare, indirettamente, l'ingresso in portafoglio di eventuali nuovi strumenti, per i quali non esistono le serie storiche dei corrispondenti *market parameters*. L'output di tale processo è costituito da tre nuove tabelle, denominate rispettivamente “calend_190_buchi”, “calend_191_buchi” e “calend_192_buchi”. I campi che compongono tali tabelle sono riportati nelle Tabelle 18, 19 e 20. Le serie vengono completate mediante l'algoritmo descritto al paragrafo 5.1.

Tabella 18– “calend_190_buchi”

CAMPO	CHIAVE	DESCRIZIONE
tipo_rec	•	Codice interno che identifica la tabella di provenienza del dato
data	•	Data a cui si riferisce il prezzo mancante
cod_tit	•	Codice dello strumento a cui si riferisce il prezzo mancante

Fonte: Gruppo BP.

Tabella 19 – “calend_191_buchi”

CAMPO	CHIAVE	DESCRIZIONE
tipo_rec	•	Codice interno che identifica la tabella di provenienza del dato
data	•	Data a cui si riferisce il dato di volatilità mancante
cod_tit	•	Codice dello strumento a cui si riferisce il dato di volatilità mancante
gg_a_scadenza	•	Scadenza, espressa in giorni, delle opzioni utilizzate per la stima del dato di volatilità mancante
moneyness	•	Livello di <i>moneyness</i> delle opzioni utilizzate per la stima del dato di volatilità mancante

Fonte: Gruppo BP.

Tabella 20– “calend_192_buchi”

CAMPO	CHIAVE	DESCRIZIONE
tipo_rec	•	Codice interno che identifica la tabella di provenienza del dato
data	•	Data a cui si riferisce il dato di correlazione mancante
cod_tit_1	•	Codice del primo della coppia di strumenti a cui si riferisce il dato di correlazione mancante
cod_tit_2	•	Codice del secondo della coppia di strumenti a cui si riferisce il dato di correlazione mancante
data_elab		Data di elaborazione delle informazioni fornite

Fonte: Gruppo BP.

La quarta fase del processo di importazione consiste nel calcolo delle variazioni percentuali giornaliere di prezzo o di livello e di volatilità relative a ciascuno strumento finanziario sottostante considerato. In termini di modello dati, ciò si traduce nella trasformazione delle tabelle “prezzi_dividendi_190” e “volatilità_191_standard” in due nuove tabelle, denominate “rend_prezzi_dividendi_190” e “rend_volatilità_191”. Esse risultano composte dagli stessi campi delle precedenti, fatta eccezione per i campi “prezzo” e “volatilità”, i quali sono sostituiti da un nuovo campo, denominato “rend”, che ne specifica le corrispondenti variazioni percentuali giornaliere. Queste ultime tabelle costituiscono la base per le analisi andamentali.

Ai fini delle analisi andamentali, dette anche marginali, sulle singole serie storiche dei *market parameters*, la logica seguita dal Gruppo BP si fonda sul metodo della disuguaglianza di *Chebyshev*²⁵, implementato nell'applicativo MaPaC mediante opportuno codice VBA e *query* SQL. Esso, sulla base delle soglie di oscillazione definite dall'utente in fase di parametrizzazione, provvede ad individuare le variazioni percentuali giornaliere di prezzo o di livello e di volatilità implicita che rappresentano valori anomali, per le quali, come noto, è opportuno condurre un'attenta analisi volta ad identificarne le cause. A tal fine, la soluzione adottata dal Gruppo BP prevede l'utilizzo di due diverse soglie di oscillazione, denominate *warning* e *reject*, le quali consentono di classificare gli *outliers* sulla base della loro importanza. In termini di modello dati, tale processo riceve in input le tabelle “rend_prezzi_dividendi_190” e “rend_volatilità_191” (non si considerano in questa sede i dati di correlazione) e, dopo avere calcolato per ciascuna serie storica le variazioni percentuali giornaliere (superiori e inferiori) corrispondenti alle soglie di oscillazione prescelte, produce in output due nuove tabelle, denominate rispettivamente “q_rend_cebicev_calc” e “q_rend_vol_cebicev_calc”. I campi che compongono la prima di tali tabelle sono riportati nella Tabella 21. La tabella “q_rend_vol_cebicev_calc” risulta composta dagli stessi campi, fatta eccezione per il campo “prezzo”, il quale è sostituito dal campo “volatilità”, e per l'aggiunta di due nuovi campi, denominati “moneyness” e “gg_a_scadenza”, che ne specificano le corrispondenti coordinate di *moneyness* e di giorni a scadenza.

²⁵ Nonostante le debolezze, questo metodo risulta di più rapida implementazione rispetto al metodo box-plot in quanto quest'ultimo richiede un ordinamento dei dati che risulta non trascurabile dal punto di vista della pesantezza computazionale.

Tabella 21 – “q_rend_cebicev_calc”

CAMPO	CHIAVE	DESCRIZIONE
cod_tit	•	Codice dello strumento a cui si riferisce l’analisi andamentale
descrizione		Breve descrizione delle caratteristiche dello strumento
ISIN		Codice ISIN (<i>International Securities Identification Number</i>) dello strumento
tipologia		Codice che identifica l’ <i>asset class</i> a cui appartiene lo strumento (costituisce la chiave esterna della tabella “tipi”, la quale fornisce una breve descrizione di ciascuna classe di attività)
data	•	Data a cui si riferisce il dato di rendimento oggetto di analisi
prezzo		Prezzo o livello dello strumento oggetto di analisi
rend		Variazione percentuale giornaliera dello strumento oggetto di analisi
mediadirend		Media delle variazioni percentuali giornaliere dello strumento oggetto di analisi (intervallo di calcolo definito dall’utente in fase di parametrizzazione)
devstdirend		Deviazione standard delle variazioni percentuali giornaliere dello strumento oggetto di analisi (intervallo di calcolo definito dall’utente in fase di parametrizzazione)
soglia1_inf		Variazione percentuale giornaliera inferiore corrispondente alla soglia di oscillazione <i>warning</i>
soglia1_sup		Variazione percentuale giornaliera superiore corrispondente alla soglia di oscillazione <i>warning</i>
soglia2_inf		Variazione percentuale giornaliera inferiore corrispondente alla soglia di oscillazione <i>reject</i>
soglia2_sup		Variazione percentuale giornaliera superiore corrispondente alla soglia di oscillazione <i>reject</i>
warn_1		Campo che assume valore 1 quando “rend” ricade al di fuori del <i>range</i> definito da “soglia1_inf” e “soglia1_sup” (<i>warning</i>)
warn_2		Campo che assume valore 1 quando “rend” ricade al di fuori del <i>range</i> definito da “soglia2_inf” e “soglia2_sup” (<i>reject</i>)
conteggiodirend		Numero di giornate in cui si sono verificati <i>outliers</i> (<i>warning</i> e <i>reject</i>)

Fonte: Gruppo BP.

Nel corso di questa stessa fase il sistema provvede, mediante opportuno codice VBA e *query* SQL, ad effettuare anche il c.d. controllo di persistenza, il quale può essere inteso come l’opposto delle analisi di individuazione degli *outliers*. In questo caso, infatti, l’obiettivo del controllo consiste nell’individuazione dei prezzi o dei livelli, delle volatilità implicite e delle correlazioni eccessivamente stabili nel tempo. Di conseguenza, il sistema, sulla base di una soglia di oscillazione minima

definita dall'utente in fase di parametrizzazione, provvede ad individuare le variazioni percentuali giornaliere che rimangono, su un certo intervallo temporale sempre definito dall'utente, entro tale soglia. Come nel caso precedente, anche in questo caso è opportuno condurre un'attenta analisi volta ad identificare le cause della persistenza. In termini di modello dati, l'output di tale processo è costituito da tre nuove tabelle, denominate rispettivamente "rend_190_stabile", "rend_191_stabile" e "rend_192_stabile". I campi che compongono tali tabelle sono riportati nelle Tabelle 22, 23 e 24.

Tabella 22– “rend_190_stabile”

CAMPO	CHIAVE	DESCRIZIONE
data	•	Data a cui si riferisce il dato di prezzo o di livello stabile
cod_tit	•	Codice dello strumento a cui si riferisce il dato di prezzo o di livello stabile
rend		Variazione percentuale giornaliera del prezzo o del livello stabile

Fonte: Gruppo BP.

Tabella 23– “rend_191_stabile”

CAMPO	CHIAVE	DESCRIZIONE
data	•	Data a cui si riferisce il dato di volatilità implicita stabile
cod_tit	•	Codice dello strumento a cui si riferisce il dato di volatilità stabile
gg_a_scadenza	•	Scadenza, espressa in giorni, delle opzioni utilizzate per la stima del dato di volatilità stabile
moneyness	•	Livello di <i>moneyness</i> delle opzioni utilizzate per la stima del dato di volatilità stabile
rend		Variazione percentuale giornaliera del dato di volatilità stabile

Fonte: Gruppo BP.

Tabella 24– “rend_192_stabile”

CAMPO	CHIAVE	DESCRIZIONE
data	•	Data a cui si riferisce il dato di correlazione stabile
cod_tit_1	•	Codice del primo della coppia di strumenti a cui si riferisce il dato di correlazione stabile
cod_tit_2	•	Codice del secondo della coppia di strumenti a cui si riferisce il dato di correlazione stabile
rend		Variazione percentuale giornaliera del dato di correlazione stabile

Fonte: Gruppo BP.

L'ultima fase del processo di importazione consiste nel c.d. controllo di significatività dei *market parameters*, ovvero nella verifica dell'effettiva sensibilità a tali fattori degli strumenti finanziari derivati in portafoglio. A tal fine, la soluzione adottata dal Gruppo BP è quella di ricorrere al modello di regressione lineare multivariata, implementato nell'applicativo MaPaC mediante opportune *query* SQL. Nello specifico, il sistema, sulla base di un intervallo di rilevazione definito dall'utente in fase di parametrizzazione, provvede a calcolare la regressione dei dati di P&L giornalieri per ciascuno strumento derivato in portafoglio, rispetto alle variazioni percentuali giornaliere di prezzo o di livello e di volatilità²⁶ dei sottostanti, e a fornire i corrispondenti indici R^2 (bontà di adattamento). In termini di modello dati, tale processo riceve in input le tabelle "rend_prezzi_dividendi_190", "volatilità_191_standard" e "risk_pldetails" e, dopo avere calcolato i coefficienti della regressione mediante il metodo dei minimi quadrati, produce in output la tabella "t_output_regressioni". I campi che compongono tale tabella sono riportati nella Tabella 25.

Tabella 25 – "t_output_regressioni"

CAMPO	CHIAVE	DESCRIZIONE
data	•	Data a cui si riferisce il calcolo della regressione
underlying	•	Codice che identifica il sottostante dello strumento derivato considerato nel calcolo della regressione
sicovam	•	Codice che identifica lo strumento derivato considerato nel calcolo della regressione
b1		Coefficiente β_1 della regressione, riferito alla variazione percentuale giornaliera di prezzo o di livello del sottostante
b2		Coefficiente β_2 della regressione, riferito alla variazione percentuale giornaliera di volatilità implicita del sottostante
RQuadro		Indice R^2 della regressione
Data_elab		Data di elaborazione delle informazioni fornite

Fonte: Gruppo BP.

Una volta terminato il processo di importazione, gli utenti dell'applicativo hanno la possibilità di visualizzare, oltre ai risultati ottenuti da tale processo, anche i dati importati inizialmente dai sistemi "alimentanti", tra i quali: prezzi o livelli, superfici di volatilità implicita, matrici di correlazione e informazioni sulla composizione dei *basket* e sui livelli di esposizione (lettere greche).

²⁶ Consideriamo anche in questo ambito una volatilità implicita media *at the money* su tutta la superficie.

Per quanto riguarda le future evoluzioni dell'applicativo, è attualmente già implementato, grazie all'interazione con il software *Mathcad*®, il controllo del vincolo di semidefinitività positiva delle matrici di correlazione tra i diversi strumenti finanziari sottostanti. Oltre a ciò, sono al momento in fase di sviluppo i controlli di *benchmarking*. Tra i providers di mercato di superfici di volatilità, si segnalano *Markit*, *SuperDerivatives*, *IVolatility*. Essi forniscono volatilità storiche, vettori at the money, superfici grezze e in taluni casi superfici *parametriche* smooth, che permettono l'interpolazione o estrapolazione su scadenze o moneyness non recuperabili in alcun modo direttamente.

7. Conclusioni

Il presente lavoro descrive il processo di controllo dei market parameter con riferimento all'esperienza del Gruppo BP.

Il processo di controllo è volto a produrre dati "puliti" che vengono utilizzati dalle diverse funzioni della banca per controllo P&L, fair value, risk management strategico.

I modelli utilizzati e le metodologie di controllo adottate devono essere abbastanza semplici da essere attuabili dal punto di vista computazionale, anche su di un portafoglio variegato e di grandi dimensioni quale è generalmente quello delle banche, e da produrre risultati sintetici e interpretabili. La banca non entra infatti in un nuovo prodotto finanziario se questo non è gestibile in modo adeguato dal punto di vista del pricing e del controllo.

La costruzione di un sistema di controllo ha un notevole impatto organizzativo sulle unità della banca, dato che la funzione di controllo dovrà essere disgiunta da quella di raccolta/integrazione/stima dei dati. A questo proposito, Basilea II richiede che *"Independent price verification is distinct from daily mark-to-market. It is the process by which market prices or model inputs are regularly verified for accuracy. While daily marking-to-market may be performed by dealers, verification of market prices or model inputs should be performed by a unit independent of the dealing room, at least monthly"*.

BIBLIOGRAFIA

- ANDERSSON P.J., ÖBERG A. E GUHR T. (2006), Testing Methods to Reduce Noise in Financial Correlation Matrices, *Practical Fruits of Econophysics*, Springer Tokyo, 231-235.
- BANCA D'ITALIA - BDI (2006), Nuove disposizioni di vigilanza prudenziale per le banche, Circolare n. 263 del 27 dicembre 2006.
- BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION – BCBS (1996a), *Amendment to the Capital Accord to incorporate market risks*, Bank for International Settlements.
- BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION – BCBS (1996b), *Supervisory framework for the use of backtesting in conjunction with the internal model approach to market risk capital requirements*, Bank for International Settlements.
- BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION – BCBS (2001), *Working Paper on the Regulatory Treatment of Operational Risk*, Bank for International Settlements.
- BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION – BCBS (2006), *International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards*, Bank for International Settlements.
- BERGOMI L. (2004), Smile dynamics, *Risk*, Vol. 17 No. 9, 117–123.
- BLANCO C. E BLOMSTROM S. (1999), VaR Applications: Setting VaR-based Limits, Working paper, Financial Engineering Associates, Inc.
- BRACKSTONE G. (1999), Managing Data Quality in a Statistical Agency, *Survey Methodology*, Vol. 25, 139-149.
- CHEN, P (1976), The entity-relationship model – toward a unified view of data”, *ACM Transactions on Database Systems (TODS)*, Vol. 1 No. 1, 9-36.
- CODD E.F. (1970), A relational model of data for large shared data banks, *Communications of the ACM*, Vol. 13 No. 6, 377-387.
- COMINCIOLI V. (1990): *Analisi numerica. metodi, modelli, applicazioni*, McGraw-Hill, Milano.
- COVER T.M. E THOMAS J.A. (1991), *Elements of Information Theory*, Wiley Interscience, New York.
- DERMAN E. (1996), Model Risk, *Risk*, Vol. 9, 34-37.

- EMBRECHTS P., MCNEIL A.J. E STRAUMANN D. (2002), Correlation and dependence in risk management: properties and pitfalls, in *Risk management: value at risk and beyond*, Cambridge University Press, Cambridge.
- FEDERAL RESERVE SYSTEM (1998), *Trading and Capital-Markets Activities Manual*, Washington D.C.
- FENGLER M., (2005), Arbitrage-free smoothing of the implied volatility surface, SFB 649 Discussion Paper, 2005-019
- INTERNATIONAL ACCOUNTING STANDARD BOARD – IASB (1998), *IAS 32. Financial Instruments: Disclosure and Presentation*, London.
- HESTON, S. L., (1993), A Closed-Form Solution for Options with Stochastic Volatility with Applications to Bond and Currency Options. *The review of Financial Studies*, Volume 6, Issue 2, 327-343.
- JP MORGAN (1996), *RiskMetrics™ – Technical Document*, New York.
- KAHALE N. (2004), An arbitrage-free interpolation of volatilities, *Risk*, Vol. 17 No. 5, 102-106.
- KERKHOF J., MELENBERG, B. E SCHUMACHER H. (2002), Model Risk and Regulatory Capital, Discussion Paper, Tilburg University, Center for Economic Research.
- KNORR E., NG R., TUCAKOV (1999), Distance-based Outliers: algorithms and applications, *The VLDB Journal*, Vol 8, 237-253..
- KUPIEC P.H. (1995), Techniques for Verifying the Accuracy of Risk Measurement Models, *Journal of Derivatives*, Vol. 3, 73-84.
- LITTERMAN R. E SCHEINKMAN J. (1991), Common factors affecting bond returns, *Journal of Fixed Income*, Vol. 1, 54–61.
- LITTLE R. E RUBIN D., (2002), Statistical analysis with missing data, Wiley Series in probability and statistics.
- MAROTTA P. (1999), Introduzione alla programmazione orientata agli oggetti, Working paper, Dipartimento di Informatica, Università di Pisa.
- MCLACHLAN G.J. E KRISHNAN T. (1997), *The EM algorithm and extensions*, John Wiley & Sons, New York.
- MCNEIL A., FREY R. E EMBRECHTS P. (2005), *Quantitative Risk Management: Concepts, Techniques and Tools*, Princeton University Press, Princeton.

- PAUL-CHOUDHURY (1997), This year's model, *Risk*, Vol. 10, 18-23.
- PEDERZOLI C. E TORRICELLI C. (1999), Una rassegna sui metodi di stima del Value at Risk (VaR), Working paper, Dipartimento di Economia Politica, Università degli studi di Modena e Reggio Emilia.
- REBONATO R. E JACKEL P. (1999), The most general methodology to create a valid correlation matrix for risk management and option pricing purposes, *Journal of Risk*, Vol. 2 No. 2, 17-27.
- ROUSSEEUW P.J. E VAN ZOMEREN B.C. (1990), Unmasking Multivariate Outliers and Leverage Points, *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 85 No. 411, 633–639.
- SAW J.G., YANG M.C.K., CHIN MO T. (1984), Chebyshev Inequality with Estimated Mean and Variance, *The American Statistician*, Vol. 38 No. 2, 130-132.
- SHAFER J., STRIMMER K., (2005), A shrinkage approach to large-scale covariance matrix estimation and implications for functional genomics. *Statistical Applications in Genetics and Molecular Biology*, Vol. 4 No. 1, Articolo 32.
- TUKEY J.W. (1977), *Exploratory data analysis.*, Addison Wesley, Massachusetts, USA.
- UNI (1995), UNI EN ISO 8402. Gestione per la qualità ed assicurazione della qualità. Termini e definizioni, Milano.