

PROGETTO DI UNITÀ DI RICERCA - MODELLO B
Anno 2007 - prot. 20077P5AWA_005

1 - Area Scientifico-disciplinare

13: Scienze economiche e statistiche 100%

2 - Durata del Progetto di Ricerca

24 Mesi

3 - Coordinatore Scientifico

BATTAGLIA FRANCESCO

Professore Ordinario

Università degli Studi di ROMA "La Sapienza"

Facoltà di SCIENZE STATISTICHE

Dipartimento di STATISTICA, PROBABILITÀ E STATISTICHE APPLICATE

4 - Responsabile dell'Unità di Ricerca

MINERVA TOMMASO

Professore Straordinario 29/04/1962 MNRTMS62D29I059U

Università degli Studi di MODENA e REGGIO EMILIA

Dipartimento di SCIENZE SOCIALI, COGNITIVE E QUANTITATIVE

(Prefisso e telefono)

(Numero fax)

minerva@unimo.it

5 - Curriculum scientifico

Testo italiano

Laurea in Fisica presso l'Università degli Studi di Modena, 1987. Dottorato di Ricerca in Fisica presso il consorzio universitario Modena-Parma, 1992. Formazione post-dottorato e ricerca presso il Centre Européen de Calcul Atomique et Moléculaire (CECAM) de Paris, IBM Almaden Research Center, San Jose, CA, USA. Professore Associato di Statistica dal 2002 al 2006, Professore Ordinario dal 2006. Attività didattica svolta presso le Università di Modena e Reggio Emilia, Venezia, Bergamo. Attività di ricerca nei settori del calcolo vettoriale e parallelo, del calcolo di strutture elettroniche di sistemi complessi (ossidi superconduttori, superfici) e analisi degli effetti di correlazione sulla struttura elettronica di ossidi di metalli di transizione, analisi delle serie storiche, costruzione di modelli lineari e non lineari, modelli di reti neurali stocastiche, algoritmi genetici e calcolo evolutivo, analisi wavelet di serie storiche. Attualmente Direttore del Centro E-learning di Ateneo dell'Università di Modena e Reggio Emilia e delegato del Rettore per l'E-learning, Coordinatore di Corso di Laurea e Laurea Specialistica. E' membro della Società Italiana di Statistica.

Testo inglese

Degree in Physics, University of Modena, 1987. PhD in Physics, University Consortium of University of Parma and University of Modena. Post-doctoral research activity at the Centre Européen de Calcul Atomique et Moléculaire (CECAM) de Paris, at the IBM Almaden Research Center, San Jose, CA, USA. Associate Professor of Statistics in 2002-2006. Full Professor of Statistics since 2006. Teaching employment at the University of Modena and Reggio Emilia, Venezia and Bergamo. Research activity in vectorial and parallel computing, in electronic structure computation of complex systems (superconductor oxides, surface) and correlation effects on electronic structure of transition metal oxides. He is involved in research in time series analysis, building linear and non linear models, stochastic neural net models, genetic algorithms and evolutionary computation, wavelet analysis. He is Director of the E-learning Center of the University of Modena and Reggio Emilia, Rector's delegate for the E-learning activities, Coordinator of Corso di Laurea and Corso di Laurea Specialistica. He is member of the Società Italiana di Statistica.

6 - Pubblicazioni scientifiche più significative del Responsabile dell'Unità di Ricerca

1. PATTARIN F., PATERLINI S., MINERVA T. (2004). *Clustering Financial Time Series: An Application to Mutual Funds Style Analysis. COMPUTATIONAL STATISTICS & DATA ANALYSIS.* vol. 47/2, pp. 353-372 ISSN: 0167-9473.
2. MINERVA T., PATERLINI S. (2003). *Evolutionary Approaches for Statistical Modelling. Fourth Congress on Evolutionary Computation (CEC-2002).*
3. PATERLINI S., MINERVA T. (2003). *Evolutionary Approaches for Cluster Analysis. In: BONARINI A., MASULLI F., PASI G. Advances in soft computing: soft computing applications. (vol. 8, pp. 165-176). BERLIN: Springer-Verlag (GERMANY).*
4. SALINI S., MINERVA T., ZIRILLI A., TIANO A., PIZZOCCHERO F. (2003). *Neural Networks in Non Linear Dynamical Control, Model Identification and Missing Data Analysis. In: BONARINI A., MASULLI F., PASI G. Advances in soft computing: Soft Computing Applications. (vol. 8, pp. 193-203). ISBN: 3-7908-1544-6. BERLIN: Physica-Verlag (Springer) (GERMANY).*
5. BRUSCO S., MINERVA T., POLI I., SOLINAS G. (2002). *Un Automa Cellulare per lo studio dei distretto industriali. POLITICA ECONOMICA.* vol. 2, pp. 147-192 ISSN: 1120-9496.
6. MINERVA T., POLI I. (2002). *Building ARMA models with Genetic Algorithms. LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE.* vol. 2037, pp. 335-342 ISSN: 0302-9743.
7. MINERVA T., POLI I. (2002). *Stochastic Wavelet for Prediction. In: VICHI M. Studies in Classification, Data Analysis and Knowledge Organization. BERLIN: Springer-Verlag (GERMANY).*
8. LALLA M., MINERVA T. (2001). *Duration Models and Neural Networks to Analyse Unemployment Spells. METRON.* vol. LIX, 3-4, pp. 199-216 ISSN: 0026-1424.
9. MINERVA T. (2001). *Neuro Genetic Models to analyze time series. An application to financial time series predictions. STATISTICA APPLICATA.* vol. 13/1, pp. 53-74 ISSN: 1125-1964.
10. MINERVA T., POLI I. (2001). *Predicting Venice High Tides by using Radial Basis Networks and Genetic Algorithms. In: BORRA S., R. ROCCI R., VICHI M., SCHADER M. Advances in Classification and Data Analysis. (pp. 367-373). ISBN: 3-540-41488-6. BERLIN: Springer-Verlag (GERMANY).*
11. MINERVA T., POLI I., PATERLINI S. (2000). *A Genetic Algorithm for Neural Network Design (GANND) - A Financial Application. ECONOMICS & COMPLEXITY.* ISSN: 1398-1706.
12. MINERVA T., PATERLINI S., POLI I. (1999). *Algoritmi Ibridi per l'Analisi di Serie Storiche Finanziarie. Integrazione di Reti Neurali ed Algoritmi Genetici per la Previsione dell' Andamento del Contratto Future FIB30. SCIENZA & BUSINESS.* vol. 3-4, pp. 56-77 ISSN: 1594-1418.

7 - Elenco dei partecipanti all'Unità di Ricerca

7.1 - Componenti

Componenti della sede dell'Unità di Ricerca

n°	Cognome	Nome	Università/Ente	Qualifica	Impegno	
					1° anno	2° anno
1.	MINERVA	Tommaso	Università degli Studi di MODENA e REGGIO EMILIA	Professore Straordinario	6	6
2.	PATERLINI	Sandra	Università degli Studi di MODENA e REGGIO EMILIA	Ricercatore confermato	6	6
TOTALE					12	12

Componenti di altre Università / Enti vigilati

Nessuno

Titolari di assegni di ricerca

Nessuno

Titolari di borse

Nessuno

7.2 - Altro personale

n°	Cognome	Nome	Università/Ente	Dipartimento	Qualifica	Impegno 1° anno	Impegno 2° anno
1.	FERRARI	DAVIDE	Universita' di Modena e Reggio E.	di Economia Politica	borsista	6	6
TOTALE						6	6

7.3 - Personale a contratto da destinare a questo specifico Progetto

n° Tipologia di contratto	Costo	Impegno	Note
	previsto	1° anno 2° anno	
1. Altre tipologie	12.000	4	4 Software Development
TOTALE	12.000	4	4

7.4 - Dottorati a carico del PRIN da destinare a questo specifico Progetto

Nessuno

8 - Titolo specifico del Progetto svolto dall'Unità di Ricerca

Testo italiano

Computazione Evolutiva in problemi di stima e modellizzazione finanziaria

Testo inglese

Evolutionary computation in financial modelling and estimation problems

9 - Abstract del Progetto svolto dall'Unità di Ricerca

Testo italiano

Negli anni recenti si è evidenziata in finanza una tendenza ad allontanarsi da modelli matematicamente trattabili, ma semplici verso modelli più sofisticati e applicabili nella realtà.

La conseguenza di questa maggiore sofisticazione è che la specificazione e analisi del modello non è più matematicamente trattabile. Al contrario, le soluzioni debbono essere approssimate numericamente, come nel caso dell'ottimizzazione della massima verosimiglianza di modelli econometrici complessi. Le euristiche di ottimizzazione sono i metodi appropriati per tale compito, in quanto non richiedono alcuna rigida proprietà matematica del modello, quale linearità e convessità. Tuttavia, il problema di quale sia l'euristica migliore per un dato problema non è stato ancora adeguatamente investigato. L'obiettivo della nostra ricerca sarà quello di proporre ed investigare tecniche accurate di selezione del modello e di stima utilizzando euristiche di ottimizzazione. Valuteremo la loro rilevanza in applicazioni finanziarie realistiche per mezzo di analisi comparativa con altri approcci attualmente stato dell'arte. La ricerca si focalizzerà in modo particolare su modelli GARCH per la volatilità finanziaria e su modelli di distribuzioni multivariate stabili Paretiane per i rendimenti di titoli finanziari.

Testo inglese

In recent years, there has been a tendency to move away from mathematically tractable, but simplistic models towards more sophisticated and real-world applicable models in finance. The consequence of the improved sophistication is that the model specification and analysis is no longer mathematically tractable. Instead solutions need to be numerically approximated, such as in maximum likelihood optimization of complex econometric models. For this task optimization heuristics are the appropriate means, because they do not require any rigid mathematical properties of the model, such as linearity or convexity. However, which heuristics work best for which problems in finance and econometrics and how they can be further improved and adapted to this context has not been satisfyingly investigated yet. The objective of our research will be to propose and investigate accurate model selection and estimation techniques analysis using optimization heuristics. We will evaluate their real-world relevance in financial applications of the proposed approaches by means of comparative analysis with state-of-the-art approaches. The research will focus on GARCH models for financial volatility and Multivariate Stable models for asset returns.

10 - Parole chiave

n°	Parola chiave (in italiano)	Parola chiave (in inglese)
1.	SERIE STORICHE FINANZIARIE	FINANCIAL TIME SERIES ANALYSIS
2.	SELEZIONE E STIMA DEL MODELLO	MODEL SELECTION AND ESTIMATION
3.	MODELLI GARCH	GARCH MODELS
4.	MODELLI DI DISTRIBUZIONI PARETIANE	STABLE PARETIAN MODELS
5.	DIFFERENTIAL EVOLUTION	DIFFERENTIAL EVOLUTION

11 - Stato dell'arte

Testo italiano

Negli ultimi decenni, il settore della finanza quantitativa ha evidenziato un rapido sviluppo. Recenti crisi finanziarie, nuove regolamentazioni per banche (Basilea II) e assicurazioni e per le imprese finanziarie (IFRS 32 e 29), il continuo sviluppo di prodotti finanziari complessi hanno spinto gli intermediari a promuovere l'uso di strumenti quantitativi in ambiti differenti (quali la gestione del rischio, il prezzaggio di prodotti finanziari, la contabilizzazione dei derivati). Si sono quindi sviluppati nuovi modelli per serie storiche finanziarie, per la selezione di portafoglio, per il prezzaggio e la gestione del rischio. Questi modelli, sebbene siano facilmente trattabili matematicamente, sono risultati essere troppo semplici e inadeguati quali strumenti per analizzare scenari realistici e complessi. Di conseguenza, tali modelli non possono essere considerati strumenti affidabili quale sistema di supporto alle decisioni manageriali. Recentemente, la letteratura accademica finanziaria ed econometrica mostra una tendenza verso modelli sempre più complessi (Robert Engle's Nobel Lecture 2003) che riescano meglio a rappresentare le dinamiche del mondo reale. Tuttavia, questa tendenza verso maggiore complessità pone nuove sfide. I modelli statistico-econometrico diventano spesso estremamente difficili da specificare e stimare in modo accurato. Vi è una forte esigenza di metodologie robuste per la selezione e la stima del modello, che consentano di fornire informazioni affidabili anche quando il problema ha natura multivariata e le variabili interessate siano fortemente correlate. Le euristiche di ottimizzazione possono fornire valide alternative per trattare con problemi di ottimizzazione NP-hard, quali quelli insiti nella stima della massima verosimiglianza per modelli statistici

complessi.

Le euristiche di ottimizzazione sono già state applicate in problemi di modellizzazione e stima econometrica (Winker 2001, Winker and Gilli 2004 e referenze, Gilli and Winker 2007). Le euristiche di ottimizzazione, quali ad esempio i metodi a traiettoria (e.g., simulated annealing, threshold accepting, tabu search), i metodi basati su popolazioni (e.g., genetic algorithms, differential evolution, ant colonies) o i metodi ibridi (e.g., memetic algorithms), si ispirano a processi biologici (si veda Corne et al. 1999 per una introduzione). Il loro principale vantaggio, rispetto ad approcci convenzionali di ottimizzazione, consiste nel fatto di non richiedere alcuna rigida proprietà matematica del problema di ottimizzazione, quale la continuità, la linearità, la monotonicità, o convessità della funzione obiettivo o dei vincoli. In pratica, tali euristiche possono affrontare una gran parte dei problemi per i quali altre routine di ottimizzazione non sono applicabili. Il loro uso può condurre a risultati di evidente rilevanza in molte applicazioni finanziarie ed econometriche (si veda ad esempio Pattarin et al. 2004, Gilli et al. 2006, Krink et al. 2007).

L'ottimizzazione euristica può, quindi, rappresentare un'alternativa attraente agli approcci tradizionali, quali i metodi basati sul gradiente, expectation maximization e altri metodi che dipendono fortemente dai punti di partenza e che facilmente si interrompono in corrispondenza di ottimi locali. Tuttavia, le euristiche di ottimizzazione sono state fortemente criticate a causa della loro sensibilità rispetto ai parametri iniziali, dall'assenza di una teoria asintotica e dei loro alti costi in termini di tempo computazionali. Il crescente sviluppo in ambito informatico ha indebolito una delle critiche, ma vi è ancora la necessità di approfondire le ricerche in relazione alle proprietà asintotiche e alla loro applicazione in ambito finanziario ed economico. Al fine di valutare il contributo fornito da tali euristiche di ottimizzazione, i ricercatori dovrebbero paragonare le nuove metodologie con gli approcci standard, stabilendo procedure di verifica e validazione rigorose per valutare la accuratezza, l'efficienza e la robustezza dei vari approcci, fornendo inoltre tutte le informazioni necessarie al fine di replicare gli esperimenti. La letteratura accademica mostra lacune in tale ambito. Attraverso tale approccio, le euristiche di ottimizzazione potranno contribuire a costruire e stimare modelli statistici in grado di fornire una comprensione più approfondita della natura complessa e multivariata di molti problemi finanziari ed econometrici.

Testo inglese

Quantitative finance has been a rapidly developing field in the last decades. The recent financial crises, the new regulations for banks and insurances (Basel II for banks, Solvency II for insurance companies and IFRS 32 and 39 for all financial companies) and the increasing development of complex financial products have prompted intermediaries to promote the use of quantitative tools inside their organizations in many different sectors (such as risk management, pricing and provisioning of financial products, derivatives accounting). New models have been developed for financial times series, portfolio selection, pricing and risk management in the last decades. Often these models, even if easily tractable, turn out to be too simplistic and inadequate as tools to analyze real-world settings (such as the Markowitz mean-variance model for portfolio selection). Hence, they cannot be reliable as decision-support system for managers. Nowadays, the financial and econometric academic literature shows a tendency to move towards more complex models (e.g. ARCH models and extensions, see Robert Engle's Nobel Lecture 2003 and references) that represent the real-world dynamics better. However, this development poses new challenges. The models become often extremely difficult to accurately specify and estimate. There is the need of robust model selection and estimation methodologies which can provide reliable information even when the problem is multivariate and the variables involved are highly correlated. Optimization heuristics could provide valid alternatives for dealing with NP-hard optimization problems as the ones in maximum likelihood estimation of complex statistical models.

Optimization heuristics have already found application in econometric modelling and estimation problems (Winker 2001, Winker and Gilli 2004 and references, Gilli and Winker 2007). Optimization heuristics, such as trajectory methods (e.g., simulated annealing, threshold accepting, tabu search), population based methods (e.g., genetic algorithms, differential evolution, ant colonies) or hybrid methods (e.g., memetic algorithms), take inspiration from biological processes (see Corne et al. 1999 for a review). Their main advantage, compared to standard optimization approaches, is that they do not require rigid properties of the optimization problem, such as continuity, linearity, mononicity or convexity of the objective functions and constraints. Basically, they can tackle a whole range of problems for which most other optimization routines are not applicable. Most financial practitioners are not familiar with such methodologies, as they have been developed mainly in non-financial research areas. Nevertheless, their use can lead to impressive results in a number of financial and econometric applications (e.g.: Pattarin et al. 2004, Gilli et al. 2006, Krink et al. 2007).

Volatility-modelling is a good point in case. Financial time series often show "volatility clusters", that is, they tend to experience periods of high volatility followed by more "quiet" phases. To account for this, the statistic-econometric literature has developed a number of models, starting from simple generalised auto-regressive conditional heteroskedasticity (like the "classic" GARCH(1,1) model) to more complex and sophisticated ones. This has led to an increased need for accurate estimation methodologies which can deal with many correlated parameters and maximise likelihood functions which are highly complex (NP-hard) and cannot be solved by a closed-form solution. Heuristic optimization could then be an attractive alternative to more traditional approaches, such as gradient methods, expectation maximization and other methods that strongly depend on the starting points and could easily stop at local optima. However, optimization heuristics have been strongly criticized because of their parameter sensitivity, of the lack of an asymptotic theory and of their high cost in term of computing time. The increasing computing power has weakened one of the critics, but still research has to be devoted to investigate their theoretical properties and their application in finance and economics. In order to assess the contribution provided by such optimization heuristics, researchers should compare new methodologies with classical ones, setting-up rigorous and credible testing procedures to assess the accuracy, efficiency and robustness of the various approaches, while providing all the information required in order to replicate the experiments. Through such an approach, heuristic optimization could contribute to build and estimate statistical models which can give a deeper understanding of the complex and multivariate nature of many financial and econometric problems.

12 Riferimenti bibliografici

- Adanu, K., (2006). Optimizing the GARCH model- an application of two global and two local search methods. *Computational Economics*, 28, 277-290.
- Corne, D., Dorigo, M. and Glover, F. (eds), (1999). *New Ideas in Optimization*, McGraw-Hill.
- Cont, R., (2001). Empirical properties of asset returns: stylized facts and statistical issues. *Quantitative Finance*, 1,2,223-236.
- Doornik, J.A., and Ooms, M., (2003). Multimodality in the GARCH regression model. *Technical Report 2003-W20*, University of Oxford.
- Embrechts, P., Klüppelberg, C. and Mikosch, T., (1997). *Modelling extremal events for insurance and finance*, Springer, Berlin.
- Engle, R. F., (2003). Nobel lecture 2003, [nobelprize.org/nobel_prizes/economics/laureates/engle_r_f_2003.pdf](http://nobelprize.org/nobel_prizes/economics/laureates/engler_r_f_2003.pdf).
- Engle, R. F., and Manganelli, S. (2004). CAViaR: Conditional Autoregressive Value at Risk by Regression Quantiles. *Journal of Business & Economic Statistics*, American Statistical Association, 22, 367-381, October
- Gilli, M., Kellezi, E., and Hysi, H., (2006). A Data-Driven Optimization Heuristic for Downside Risk Minimization, *The Journal of Risk* 8, 3, 1-18.
- Gilli, M. And Winker, P. (2007). Heuristic optimization methods in econometrics, in E.Kontoghiorghes et al. (ed.), *Handbook on Computational Econometrics*, Elsevier, Amsterdam, forthcoming.
- Jerrell, M.E., and Campione, (2001). Global Optimizaion of econometric functions. *Journal of Global Optimization*, 20, 3-4, 273-295.
- Krink T., Paterlini S., Resti A. (2007). Using Differential Evolution to improve the accuracy of bank rating systems. *Computational Statistics & Data Analysis*, Elsevier, 52, 68-87.
- Maringer D., Meyer M., (forthcoming). Smooth transition autoregressive models: new approaches to the model selection process. *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics*.
- Maringer, D., and Winker, P., (2006). The convergence of optimization based GARCH estimator: theory and applications. In: *COMPSTAT 2006, Proceedings in Computational Statistics* (A. Rizzi and M.Vichi Ed.), Physica, Heidelberg, 483-494.
- Minerva, T., and Paterlini, S. (2002). Evolutionary Approaches for Statistical Modelling. In: *CEC-2002 Conference Proceedings*, 2, 2023-2028, IEEE Press, New York
- Mittnik, S., and Rachev, S.T., (2000). *Stable Paretian Modeling in Finance*, Chichester: John Wiley & Sons.
- Paterlini S., Krink T. (2006). Differential Evolution and Particle Swarm Optimisation in Partitionial Clustering. In: *Computational Statistics & Data Analysis*, Elsevier, 50/5, 1220-1247
- Pattarin F., Paterlini S., Minerva T., (2004). Clustering Financial Time Series: An Application to Mutual Funds Style Analysis. In: *Computational Statistics & Data Analysis*, Elsevier, 47/2, 353-372.
- Price, K., Storn, R., and Lampinen, J., (2005) *Differential Evolution - A Practical Approach to Global Optimization*. Springer.
- Roverato A., Paterlini S., (2004). Technological Modelling for Graphical Models: An Approach Based on Genetic Algorithms. In: *Computational Statistics & Data Analysis*, Elsevier, 47/2, 323-337.
- Storn, R., and Price, K., *Differential Evolution: A Simple and Efficient Adaptive Scheme for Global Optimization over Continuous Spaces*. *J. Global Optimization* 11, 341-359, 1997.
- Winker, P., and Gilli, M. (2004). Applications of optimization heuristics to estimation and modelling problems, *Computational Statistics & Data Analysis*, 47, 2, 211-223.
- Winker, P. (2001). *Optimization Heuristics in Econometrics. Applications of Threshold Accepting*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester et al. 2001.

13 - Descrizione del programma e dei compiti dell'Unità di Ricerca

Testo italiano

Gli obiettivi di ricerca dell'unità di Modena e Reggio E. sono quelli di investigare l'utilizzo delle euristiche di ottimizzazione nella modellizzazione e stima statistico-finanziaria nel caso in cui le metodologie standard non riescano trattare con livello di complessità del modello (i.e.: problemi NP-hard). In particolare, l'unità di ricerca si concentrerà su problemi di stima del modello statistico e procedure di selezione automatica del modello per la finanza e l'econometria, che tengano in dovuta considerazione la natura complessa, multivariata e altamente correlata di problemi reali finanziari.

La ricerca si focalizzerà principalmente su modelli GARCH multivariati per la volatilità finanziaria e su modelli di distribuzioni multivariate stabili Paretiane per i rendimenti finanziari (si veda Mittnik e Rachev, 2001 per una rassegna). Tali modelli sono stato dell'arte nella letteratura dell'econometria finanziaria, poiché hanno mostrato una capacità di modellizzazione superiore per il raggruppamento della volatilità e il comportamento a code grosse, regolarità empiriche caratterizzanti le serie storiche finanziarie (Cont, 2001).

In riferimento alla modellizzazione della volatilità, è stato già mostrato come anche un semplice modello GARCH(1,1) possa talvolta presentare una funzione di verosimiglianza che non riesce ad essere trattata adeguatamente mediante algoritmi numerici standard quali BHHH (Jerrell and Campione, 2001; Doornik and Ooms, 2003, Maringer and Winker, 2006). La stima di massima verosimiglianza diventa quindi compito estremamente difficile qualora si considerino modelli multivariati GARCH o di distribuzioni stabili Paretiane. Proponiamo di iniziare la nostra ricerca considerando il Differential Evolution, un'euristica di ricerca stocastica proposta recentemente, (si veda di seguito per una breve descrizione), e di effettuare un paragone con altre euristiche di ottimizzazione stato dell'arte. In seguito, dopo avere verificato le potenzialità del Differential Evolution nella stima di modelli multivariati GARCH e di distribuzioni multivariate stabili Paretiane, fissata a priori la specificazione del modello, l'unità di ricerca investigherà il problema di selezione del modello, che in genere non può essere affrontato con algoritmi tradizionali numerici data la discretezza dello spazio di ricerca (Minerva and Paterlini, 2002, Winker, 2000).

Minerva e Poli (2000), Minerva e Paterlini (2002) hanno già studiato tale problema nel contesto dei modelli AR/ARMA, dei modelli di regressione lineare e nell'analisi cluster basata su modelli. Essi hanno proposto una metodologia basata sulla computazione evolutiva, utilizzando gli algoritmi genetici. Tuttavia, crediamo che il metodo proposto possa essere ulteriormente migliorato nel caso in cui si considerasse il Differential Evolution (DE) (Storn and Price, 1997), un approccio abbastanza recente all'ottimizzazione in ambito numerico, semplice da implementare, che richiede pochi sforzi, se non nulla, nella scelta e tuning dei parametri e noto per una performance di rilievo. Il DE risolve i problemi di ottimizzazione evolvendo una popolazione di soluzioni candidate del problema di ottimizzazione in esame. Dopo aver generato e valutato rispetto ad una funzione di fitness la popolazione iniziale, le soluzioni sono evolute secondo i seguenti passi:

- ° per ogni soluzione candidata j , si scelgono casualmente dalla popolazione tre altre soluzioni candidate k , l e m (con $j \neq k \neq l \neq m$), si calcola la differenza vettoriale di k e l , si scala moltiplicandola con un parametro f e si aggiunge il risultato a m al fine di creare la soluzione candidata y .
- ° quindi, si crea un'altra soluzione candidata c con il crossover (ricombinazione) di y e la soluzione candidata j .
- ° infine, si valuta la nuova soluzione candidata rispetto alla funzione di fitness e si applica la selezione sostituendo la soluzione candidata j con la nuova soluzione candidata c nel caso in cui la sua fitness sia migliore che la fitness di j .

La descrizione sopra riportata si riferisce al cosiddetto operatore "Rand/1/Exp DE". Il processo è ripetuto per un numero fissato di iterazioni e il risultato dell'ottimizzazione è la migliore soluzione candidata con relativa fitness al termine della run. Il DE ricombina soluzioni esistenti utilizzando la differenza fra vettori, automaticamente scalando la lunghezza del passo e la direzione di ricerca utilizzando feedback dalla ricerca stessa. Durante una run del DE la forma e la dimensione dello spazio di ricerca che la popolazione copre (il suo minimo poligono convesso) cambia iterativamente verso soluzioni candidate migliori; questo processo è estremamente importante quando i parametri della soluzione sono correlati rispetto alla funzione di fitness (come accade spesso nella modellizzazione di serie storiche finanziarie). Inoltre, le nuove soluzioni candidate sono sempre create in stretta corrispondenza con la forma e la dimensione della distribuzione attuale della popolazione nello spazio di ricerca. Infine, il DE risulta avere ottime capacità di trattare con ottimi locali, evitando la stagnazione.

Paterlini e Krink (2006) hanno già mostrato che il DE è chiaramente superiore agli Algoritmi Genetici e alla Particle Swarm Optimization, due metodi stato dell'arte, nel clustering non gerarchico. Inoltre Krink, Paterlini e Resti (2007) hanno mostrato come tale approccio possa aiutare a migliorare l'accuratezza dei sistemi di rating delle banche, mostrando la rilevanza nell'utilizzo di tale euristica in un'applicazione reale. Engle e Manganelli(2004) hanno inoltre suggerito l'applicazione di tale euristica per la stima del CAViar, mentre Adanu (2006) ha considerato un modello GARCH complesso. Vi è la necessità di maggiore ricerca nel settore. Infine, sebbene vi siano alcune pubblicazioni relative all'utilizzo del DE per l'ottimizzazione numerica nello spazio dei numeri continui, ancora non vi è stata un'adeguata analisi dell'utilizzo di tale euristica per problemi numerici discreti, quale ad esempio la selezione del modello; in tale ambito, siamo infatti a conoscenza solo del lavoro di Meyer e Maringer (2007), i quali hanno investigato l'uso del DE per la selezione del modello, con riferimento ai modelli STAR (Smooth Transition Autoregressive). I risultati promettenti incoraggiano ulteriori studi nel settore.

Tutte le ricerche saranno fatte considerando problemi reali rilevanti nella stima finanziaria della volatilità e dei rendimenti, con paragoni rispetto ad approcci stato dell'arte.

Testo inglese

The research objectives of the Modena and Reggio Emilia unit are to investigate the use of optimization heuristics in financial statistical modelling and estimation when standard methodologies cannot cope with the level of complexity of the model (i.e.: NP-hard problems). In particular, the research unit will focus on statistical model estimation and automatic model-selection procedures for finance and econometrics, which account for the complex, multivariate and highly correlated nature of real-life problems.

The research will focus mainly on multivariate GARCH models for financial volatility and on multivariate Stable models for asset returns (see Mittnik and Rachev, 2001 for a review). Such models are state-of-art in financial econometric literature, since they have shown superior modelling capability for volatility clustering and fat-tails behaviour, which are stylized facts of financial time series (Cont, 2001).

Regarding volatility modelling, it has already been shown that even a simple GARCH(1,1) model might sometimes result in a likelihood function which does not allow for successful application of standard numerical algorithms such as BHHH (Jerrell and Campione, 2001; Doornik and Ooms, 2003, Maringer and Winker, 2006). Maximum Likelihood estimation becomes then extremely challenging when multivariate GARCH and Stable Paretian models considered. We propose to start our investigation by considering Differential Evolution, a rather new stochastic search heuristics (see below), in comparison with other state-of-art optimization heuristics. After evaluating the capability of Differential Evolution of estimating multivariate GARCH and Stable Paretian model, with a given model specification, the research unit will investigate the model selection problem, which traditional numerical methods cannot usually tackle due to the discreteness of the search space (Minerva and Paterlini, 2002, Winker, 2000).

Minerva and Paterlini (2002) have already investigated such problem in the context of AR/ARMA models, regression models and model-based cluster analysis. They proposed some automatic model selection methodology based on evolutionary computation, namely genetic algorithm. However, we believe that our proposed method could be further improved by considering Differential Evolution (DE) (Storn and Price, 1997) a rather recent approach to numerical optimization, which is simple to implement, requires little or no parameter tuning, and is known for remarkable performance. DE solves optimization problems by evolving a population of candidate solutions of the optimization problem under investigation. After generating and evaluating an initial population, the solutions are refined as follows:

- ° for each candidate solution j , choose three other candidate solutions k , l and m randomly from the population (with $j \neq k \neq l \neq m$), calculate the difference of k and l , scale it by multiplication with a parameter f and add the result to m in order to create a candidate solution y .
- ° Then, create another candidate solution c by crossover of y and candidate solution j .
- ° Finally, evaluate the new candidate solution with the fitness function and apply selection by substituting candidate solution j with the new candidate solution c in case its fitness is better than the fitness of j .

The description above refers to the so-called "Rand/1/Exp DE operator". The process is repeated for a fixed number of iterations and the optimisation result is the best recorded candidate solution and fitness at the end of the run. DE recombines existing solutions using difference vectors, which automatically adjusts the step size and search direction by feedback from the search. What happens during a DE run is that the shape and size of the search space that the population is covering (its minimum convex polygon) iteratively change towards better candidate solutions; this is particular valuable when solution parameters are correlated in respect to the fitness function (as in financial times series modelling). Moreover, new candidate solutions are always created in tight correspondence with the shape and size of the current distribution of the population in the search space. Finally, DE turns out to cope very well with local optima.

Paterlini and Krink (2006) have already shown that DE is clearly superior to Genetic Algorithms and Particle Swarm Optimization in partitioned clustering. Furthermore, Krink, Paterlini and Resti (2007) have shown how such an approach could help successfully in improving the accuracy of bank rating systems, showing the relevance of using such heuristic in a real-world applications. Engle and Manganelli(2004) have also suggested to use such heuristic for CAViar Estimation, while Adanu (2006) has considered a complex GARCH model. Further investigation is needed. While there have been some publications related to the use of DE for numerical optimization on continuous space, still the use of such heuristic for discrete numerical problem, such as statistical model selection, has not been investigated effectively; to our knowledge, only Meyer and Maringer (2007) have investigated the use of DE for model selection, namely the selection of STAR-Smooth Transition Autoregressive models. The promising results show that further research is needed in the field.

All the investigation will be performed by considering real-world relevant problems in financial volatility and asset return estimation and by means of comparative

analysis with state-of-the-art approaches.

14 - Descrizione delle attrezzature già disponibili ed utilizzabili per la ricerca proposta

Testo italiano

Nessuna

Testo inglese

Nessuna

15 - Descrizione delle Grandi attrezzature da acquisire (GA)

Testo italiano

Nessuna

Testo inglese

Nessuna

16 - Mesi persona complessivi dedicati al Progetto

		Numero	Impegno 1° anno	Impegno 2° anno	Totale mesi persona
<i>Componenti della sede dell'Unità di Ricerca</i>		2	12	12	24
<i>Componenti di altre Università/Enti vigilati</i>		0			
<i>Titolari di assegni di ricerca</i>		0			
<i>Titolari di borse</i>	<i>Dottorato</i>	0			
	<i>Post-dottorato</i>	0			
	<i>Scuola di Specializzazione</i>	0			
<i>Personale a contratto</i>	<i>Assegnisti</i>	0			
	<i>Borsisti</i>	0			
	<i>Altre tipologie</i>	1	4	4	8
<i>Dottorati a carico del PRIN da destinare a questo specifico progetto</i>		0	0	0	0
<i>Altro personale</i>		1	6	6	12
TOTALE		4	22	22	44

17 - Costo complessivo del Progetto dell'Unità articolato per voci

Voce di spesa	Spesa in Euro	Descrizione dettagliata (in italiano)	Descrizione dettagliata (in inglese)
Materiale inventariabile	6.000	<i>Computers e libri</i>	<i>Computers and books</i>
Grandi Attrezzature	0		
Materiale di consumo e funzionamento	1.000	<i>Cancelleria, fotocopie e spese telefoniche</i>	<i>Stationary, photocopies, telephone expenses</i>
Spese per calcolo ed elaborazione dati	4.000	<i>Licenze software e contributo acquisto database finanziario</i>	<i>Software licence and financial database expenses</i>
Personale a contratto	12.000	<i>Studio e sviluppo software</i>	<i>Software analysis and development</i>
Dottorati a carico del PRIN da destinare a questo specifico progetto	0		
Servizi esterni			
Missioni	5.000	<i>Conferences and meetings in Italy and outside</i>	<i>International and National Conferences and meetings</i>
Pubblicazioni			
Partecipazione / Organizzazione convegni	2.000	<i>Incontri di coordinamento e riunioni sulle tematiche relative al progetto di ricerca</i>	<i>Coordination meetings, workshop on the topics of the research</i>

Altro			
TOTALE	30.000		

18 - Prospetto finanziario dell'Unità di Ricerca

Voce di spesa	Importo in Euro
a.1) finanziamenti diretti, disponibili da parte di Università/Enti vigilati di appartenenza dei ricercatori dell'unità operativa	9.000
a.2) finanziamenti diretti acquisibili con certezza da parte di Università/Enti vigilati di appartenenza dei ricercatori dell'unità operativa	
b.1) finanziamenti diretti disponibili messi a disposizione da parte di soggetti esterni	
b.2) finanziamenti diretti acquisibili con certezza, messi a disposizione da parte di soggetti esterni	
c) cofinanziamento richiesto al MUR	21.000
Totale	30.000

19 - Certifico la dichiarata disponibilità e l'utilizzabilità dei finanziamenti a.1) a.2) b.1) b.2)

SI

Firma _____

(per la copia da depositare presso l'Ateneo e per l'assenso alla diffusione via Internet delle informazioni riguardanti i programmi finanziati e la loro elaborazione necessaria alle valutazioni; D. Lgs, 196 del 30.6.2003 sulla "Tutela dei dati personali")

Firma _____

Data 24/10/2007 ore 19:28

ALLEGATO

Curricula scientifici dei componenti il gruppo di ricerca

Testo italiano

1. PATERLINI Sandra

Curriculum:

Publicazioni:

- ◆ PATERLINI S., KRINK T. (2006). *Differential Evolution and Particle Swarm Optimisation in Partitional Clustering*. COMPUTATIONAL STATISTICS. vol. 50/5, pp. 1220-1247 ISSN: 0943-4062.
- ◆ ROVERATO A, PATERLINI S. (2005). *Technological Modelling for Graphical Models: An Approach Based on Genetic Algorithms*. COMPUTATIONAL STATISTICS. vol. 47/2, pp. 323-337 ISSN: 0943-4062.
- ◆ PATTARIN F, PATERLINI S., MINERVA T. (2004). *Clustering Financial Time Series: An Application to Mutual Funds Style Analysis*. COMPUTATIONAL STATISTICS. vol. 47/2, pp. 353-372 ISSN: 0943-4062.
- ◆ MINERVA T, PATERLINI S., POLI I. (2000). *GANND: A Genetic Algorithm for Predictive Neural Network Design - A Financial Application*. ECONOMICS & COMPLEXITY. vol. 4 ISSN: 1398-1706.
- ◆ PATERLINI S., MINERVA T. (2003). *Evolutionary Approaches for Cluster Analysis*. In: A. BONARINI, F. MASULLI, G. PASI EDS. *Soft Computing Applications, Advances in Soft Computing Series*. (vol. 8, pp. 165-176). BERLINO: Physica-Verlag (Springer).
- ◆ PATERLINI S., KRINK T. (2004). *High Performance Clustering with Differential Evolution*. *Congress on Evolutionary Computation (CEC-2004)*. (vol. 2, pp. 2004-2011). : IEEE Press (UNITED STATES).
- ◆ MINERVA T, PATERLINI S. (2002). *Evolutionary Approaches for Statistical Modelling*. (vol. 2, pp. 2023-2028). : IEEE Press, New York.
- ◆ KRINK T, PATERLINI S., RESTI A. (2007). *Using Differential Evolution to improve the accuracy of bank rating systems*. COMPUTATIONAL STATISTICS. vol. 52, pp. 68-87 ISSN: 0943-4062.

Testo inglese

1. PATERLINI Sandra

Curriculum:

SANDRA PATERLINI

Via Biagi 46, 41100 Modena, Italy

Ph: +39 347 8700502 (mobile), +39 059 205 6848 (office) ° E-mail: paterlini.sandra@unimore.it

Personal information

Date of birth: 3 September, 1974.

Nationality: Italian.

Education

1998-2001 PhD in Finance, University of Bergamo, Italy.

PhD thesis: "Clustering methods for financial time series: an application to Italian mutual fund style classification". Supervisor: Prof. David Avra Lane.

1999-2000 MSc Financial Mathematics, University of Warwick, UK.

MSc dissertation: "Evolving trading rule repertoires in an artificial stock market".

Supervisor: Dr. Hugo van den Berg.

1994-1998 Laurea in Economics (cum laude), University of Modena, Italy.

Programme of study focused on quantitative methods in economics and finance.

Thesis: "GANND: a genetic algorithm for neural network design: an application to Fib30 Forecasting". Supervisors: Prof. Irene Poli and Prof. Tommaso Minerva.

University employment and affiliation

since 2002 Assistant professor (tenure) in Statistics, Dept. of Political Economics, University of Modena and Reggio E., Italy.

2003-2004 Visiting scientist at the EVALife Research Centre on Complex System, Dept. of Computer Science, University of Aarhus, Denmark (2 visits of 3 months).

2007 Visiting scientist at LMU, Dept. of Statistics, University of Munich, Germany (4 months).

Teaching experience as Instructor :

Statistics (undergraduate course - 6 terms), Data Mining (undergraduate course -1 term), Times Series Analysis (postgraduate course - 2 terms), Derivatives (postgraduate course - 2 terms), Statistical Methods for Finance (postgraduate course - 3 terms). Total number of hours (since 1/09/2002): 560 hours.

Teaching experience as Tutor:

Financial Mathematics (undergraduate course), Mathematics for Economists (postgraduate course - 1 edition).

Student supervision:

Supervisor of six research theses at the Faculty of Economics (5) and Faculty of Physics (1), supervisor of many industrial projects of students of the MSc in "Computational Finance and Risk Management" of the Univ. of Modena and Reggio E.

Scientific affiliations and committees:

Member of the Italian Statistical Society and of the Workgroup for Time Series Analysis.

Member of the ERCIM (European Consortium for Informatics and Mathematics) working group in Optimization Heuristics in Estimation and Modelling.

Member of the Dept. of Political Economics and Elected Member of the steering committee at the Dept. of Political Economics, Univ. of Modena and Reggio E.

Member of the CEFIN - Centro Studi Banca e Finanza (Research Center on Banking and Finance), Faculty of Economics, Univ. of Modena and Reggio E.

Elected member (Faculty representative) of the E-learning Centre Board of the Univ. of Modena and Reggio E.

Co-founder, member of the scientific committee and co-lecturer of the MSc in "Computational Finance and Risk Management", Univ. of Modena and Reggio E.

Member of the scientific committees of the First Level Degree courses in Business Economics, International Economics and Marketing, Economic and Social Science, and of the Second Level Degree courses in Financial Analysis, Advising and Management, Faculty of Economics, Univ. of Modena and Reggio E.

Research Project Participation

2007 PhD scholarship from COMISEF (<http://www.comisef.eu/>) for the last MSc student I supervised, Enrica Melotti.

2003-2005 MIUR-sponsored national-relevance research project (henceforth: PRIN) on "Non stationary time series analysis and wavelets".

2002-2005 IST-FET-ISCOM: "The Information Society as a Complex System"

2002-2003 MIUR-sponsored PRIN on "Industrial districts as complex systems"

2000-2002 Fondi Strutturati 2000: "Financial Forecasting, Portfolio Strategies and Risk Management with hybrid algorithms"

Scholarships

- 3 year PhD scholarship from MIUR-Italian Ministry of Education, University and Research.

- Cariplo Bank scholarship to study one year abroad (MSc Financial Mathematics, Univ. of Warwick, UK).

- Student grants to attend summer schools and conferences.

Referee

Biosystem, Computational methods in financial engineering, Computational Statistics & Data Analysis, IEEE Transaction on Evolutionary Computation, Information Sciences, Mathematical Methods in Economics and Finance, Pattern Recognition Letters.

Publications

Journal Articles:

Krink T., Paterlini S., Resti A. (in press). Using Differential Evolution to improve the accuracy of bank rating systems. To appear in: *Computational Statistics & Data Analysis*.

Paterlini S., Krink T. (2006). Differential Evolution and Particle Swarm Optimisation in Partitional Clustering. In: *Computational Statistics & Data Analysis*, Elsevier, vol. 50/5, pp. 1220-1247.

Pattarin F., Paterlini S., Minerva T., (2004). Clustering Financial Time Series: An Application to Mutual Funds Style Analysis. In: *Computational Statistics & Data Analysis*, Elsevier, vol. 47/2, pp. 353-372.

Roverato A., Paterlini S., (2004). Technological Modelling for Graphical Models: An Approach Based on Genetic Algorithms. In: *Computational Statistics & Data Analysis*, Elsevier, vol. 47/2, pp. 323-337.

Minerva T., Paterlini S., Poli L., (2000). GANN: A Genetic Algorithm for Predictive Neural Network Design - A Financial Application, *Economics & Complexity*, vol. 4.

Edited book:

Paterlini S., Minerva T., (2003). Evolutionary Approaches for Cluster Analysis. In: A. Bonarini, F. Masulli, G. Pasi (eds.), *Soft Computing Applications, Advances in Soft Computing Series*, Physica-Verlag (Springer), Berlin, vol. 8, pp. 165-176.

Conference Proceedings (peer review):

Ferrari D., Paterlini S., (2007). The Maximum Lq-Likelihood Estimator in Extreme Value Theory, in *Atti del convegno intermedio SIS - Rischio e Previsione*.
Frederic P., Paterlini S., (2007). Additive modeling for location, scale, and shape parameters of the skew normal distribution, in *Atti del convegno intermedio SIS - Rischio e Previsione*.

Paterlini S., Krink T., (2004). High Performance Clustering with Differential Evolution, in *Proceedings of Congress on Evolutionary Computation (CEC-2004)*, IEEE Press, vol.2, pp.2004-2011.

Lalla M., Paterlini S., (2004). Duration models and differential evolution in the analysis of large data set, *AIEL- XIX Conference on Labour Economics*, Modena.

Minerva T., Paterlini S. (2002). Evolutionary Approaches for Statistical Modelling, In: *Proc. of the Fourth Congress on Evolutionary Computation (CEC-2002)*, D. B. Fogel, M. A. El-Sharkawi, X. Yao, G. Greenwood, H. Iba, P. Marrow, and M. Shackleton (eds.), IEEE Press, Piscataway NJ, vol. 2, pp. 2023-2028.

Paterlini S., Favaro S., Minerva T., (2001). Genetic Approaches for Data Clustering, *Book of Short Paper CLADAG 2001, SIS Scientific Meeting: Classification and Data Analysis*, Palermo.

Working Papers:

Paterlini S., Pirani E., Russo M., (2006). L'industria meccanica in Italia: una analisi cluster delle differenze territoriali. Working paper no. 526, Dept. of Political Economics, Univ. of Modena and Reggio E., Italy.

Paterlini S., Minerva T., (2005). Regression Model Selection Using Genetic Algorithms. Research Report n.40, Dept. of Social, Cognitive and Quantitative Sciences, Univ. of Modena and Reggio E., Italy.

Paterlini S., Minerva T., (2005). Genetic Algorithms in Partitional Clustering: A Comparison. Research Report n.39, Dept. of Social, Cognitive and Quantitative Sciences, Univ. of Modena and Reggio E., Italy.

Paterlini S., Pirani E., Russo M., (2005). Analisi cluster gerarchica delle imprese metalmeccaniche della provincia di Modena. Working paper no. 489, Dept. of Political Economics, Univ. of Modena and Reggio E., Italy.

Paterlini S., (2002). Agent and Multi-Agent Systems: Introduction to the Main Concepts and Applications, *ISCOM Working Paper*, Dept. of Social, Cognitive and Quantitative Science, Univ. of Modena and Reggio E., Italy.

Paterlini S., Pattarin F., Minerva T., (2001). Time Series and Data Clustering with Evolutionary Approaches, Working paper no. 372, Dept. of Political Economics, Univ. of Modena and Reggio E., Italy.

Paterlini S., Minerva T., (2001). Nuovi algoritmi evolutivi per il raggruppamento di dati e di serie storiche, *Proceedings SMDM 2001-Metodi statistici per le applicazioni di data mining*, Pavia, Italy.

Paterlini S., Minerva T., (2000). Tecniche Computazionali per la Statistica, l'Economia e la Finanza. Materiale didattico a supporto del corso di Statistica Computazionale, Working paper no. 311, Dept. of Political Economics, Univ. of Modena and Reggio E., Italy.

Work in Progress:

- Differential Evolution for Multiobjective Portfolio Optimization (with Thiemo Krink) (re-submitted - 1st revision).

- The optimal structure of PD buckets (with Thiemo Krink and Andrea Resti), submitted to *Journal of Banking and Finance*.

- The Maximum Lq-likelihood method: an application to extreme quantile estimation in finance (with Davide Ferrari), submitted to *Methodology and Computing in Applied Probability*.

- Additive modeling for location, scale, and shape parameters of the skew normal distribution (with Patrizio Frederic).

- Can Simple Technical Analysis beat the market? Evidence from the European Markets.

Conferences and Invited Seminars

- University of Giessen (invited seminar)

- SIS 2007 - Rischio e Previsione, Venice, Italy, 6-8 June, 2007

- International Workshop on Computational and Financial Econometrics, Geneva, 20-22 April, 2007.

- Invited seminar at EVALIFE-Research Centre on Complex System, Dept. of Computer Science, Aarhus University, Denmark, 2005.

- AIEL- XIX Conference on Labour Economics, Modena, 2004.

- CEC2004 - Conference on Evolutionary Computation, Portland ,Oregon, USA, 2004.

- AKSOE - Arbeitskreis Physik sozio-ökonomischer Systeme, Regensburg, Germania, 2004.

- Non linear Models and Evolutionary algorithms for times series data, Venice, Italy, 2003.

- WCCI 2002 -World Congress on Computational Intelligence, Honolulu, USA, 2002.

- Invited seminar at EVALIFE-Research Centre on Complex System, Dept. of Computer Science, Aarhus University, Denmark, 2003.
- Invited seminar at ISCOM European Project Meeting, Dept. Of Social, Cognitive and Quantitative Sciences, Reggio E., Italy, 2003.
- ENBIS - European Network for Business and Industrial Statistics ENBIS Conference, Bologna, Italia, 2002.
- Invited Seminar at the Dept. of Statistics, University "La Sapienza", Rome, Italy, 2002.
- SMDM 2001 - Statistical Models for Data Mining, Pavia, Italy, 2001.
- WILF 2001 - Italian Workshop on Fuzzy Logic 2001, Milan, Italy, 2001.
- CLADAG 2001 - Classification and Data Analysis Group, Palermo, Italy, 2001.
- NEU 1999 - Financial Applications of Neural Nets and Fuzzy Systems, Venice, Italy, 1999.
- NTT 1998 - New Techniques & Technologies for Statistics, Sorrento, Naples, Italy, 1998.

Selected competences and interests

Quantitative finance and financial econometrics, stochastic search heuristics, cluster analysis and classification, credit rating, data-mining and artificial neural networks.

Programming languages: Matlab (excellent), C (good), C++ (basic), Visual basic (basic).

Mathematical-statistical software: R, S-plus, SPSS, Xlisp-Stat.

Languages

Italian (mother tongue), English (fluent), and Spanish (good).

Publications:

- ◆ PATERLINI S., KRINK T. (2006). *Differential Evolution and Particle Swarm Optimisation in Partitional Clustering.* COMPUTATIONAL STATISTICS. vol. 50/5, pp. 1220-1247 ISSN: 0943-4062.
- ◆ ROVERATO A, PATERLINI S. (2005). *Technological Modelling for Graphical Models: An Approach Based on Genetic Algorithms.* COMPUTATIONAL STATISTICS. vol. 47/2, pp. 323-337 ISSN: 0943-4062.
- ◆ PATTARIN F, PATERLINI S., MINERVA T. (2004). *Clustering Financial Time Series: An Application to Mutual Funds Style Analysis.* COMPUTATIONAL STATISTICS. vol. 47/2, pp. 353-372 ISSN: 0943-4062.
- ◆ MINERVA T, PATERLINI S., POLI I. (2000). *GANN: A Genetic Algorithm for Predictive Neural Network Design - A Financial Application.* ECONOMICS & COMPLEXITY. vol. 4 ISSN: 1398-1706.
- ◆ PATERLINI S., MINERVA T. (2003). *Evolutionary Approaches for Cluster Analysis.* In: A. BONARINI, F. MASULLI, G. PASI EDS. *Soft Computing Applications, Advances in Soft Computing Series.* (vol. 8, pp. 165-176). BERLINO: Physica-Verlag (Springer).
- ◆ PATERLINI S., KRINK T. (2004). *High Performance Clustering with Differential Evolution.* Congress on Evolutionary Computation (CEC-2004). (vol. 2, pp. 2004-2011). : IEEE Press (UNITED STATES).
- ◆ MINERVA T, PATERLINI S. (2002). *Evolutionary Approaches for Statistical Modelling.* (vol. 2, pp. 2023-2028). : IEEE Press, New York.
- ◆ KRINK T, PATERLINI S., RESTI A. (2007). *Using Differential Evolution to improve the accuracy of bank rating systems.* COMPUTATIONAL STATISTICS. vol. 52, pp. 68-87 ISSN: 0943-4062.