

CURRICULUM VITAE

Dott.ssa Cristina TABLINO POSSIO

Ricercatore confermato - settore Analisi Numerica (MAT08)
Università di Milano Bicocca

1. Dati Personali

Cristina Tablino Possio
nata a Torino l'11 luglio 1966
Residente in via Marco Polo n. 2
21052 Busto Arsizio (VA)

Dipartimento di Matematica e Applicazioni, Università di Milano Bicocca
via Cozzi, 53 - 20125 Milano
tel. +39 02 6448 5743, fax. +39 02 6448 5705
e-mail: cristina.tablinopossio@unimib.it
web-page: www.matapp.unimib.it/~cristina

2. Breve biografia

- Ha conseguito la Laurea in Matematica il 17 dicembre 1991 con punteggio di 108/110 presso l'Università di Milano con una tesi di ricerca dal titolo "*Insorgenza del caos in un reattore chimico a flusso longitudinale: il period-doubling*" (relatore Prof. S. Albertoni), svolta in collaborazione con il Dipartimento di Chimica Industriale ed Ingegneria Chimica del Politecnico di Milano.
- È stata ammessa al *Dottorato di ricerca in Matematica Computazionale e Ricerca Operativa* (VIII ciclo - novembre 1992 - ottobre 1995 - sede amministrativa Università di Milano), classificandosi al secondo posto della graduatoria di merito con il punteggio di 116/120.
- Le è stata assegnata una borsa di studio dalla Associazione Italiana di Ingegneria Chimica quale riconoscimento per la comunicazione "*Type III intermittency transition to chaos in a chemical reactor*", di L. Pellegrini, C. Tablino Possio e G. Biardi, presentata alla *First Conference on Chemical and Process Engineering (Firenze, 13-15 maggio 1993)*, vedi anche [A.2].
- Il giorno 6 settembre 1996 ha preso servizio quale ricercatore (settore disciplinare A04A) presso la Facoltà di Scienze MM. FF. NN. dell'Università di Milano.
- Il giorno 12 novembre 1996, a regolare conclusione dell'VIII ciclo di Dottorato, ha discusso a Padova, in sede di commissione nazionale, la Tesi di Dottorato dal titolo "*Sistemi dinamici non lineari controllati*" (Supervisor: Prof. S. Albertoni, Università di Milano e Prof. G. Biardi, Politecnico di Milano) conseguendo il titolo di *Dottore di Ricerca in Matematica Computazionale e Ricerca Operativa*.
- Dall'anno 1998 afferisce al Gruppo Nazionale per il Calcolo Scientifico dell'INdAM (ex Gruppo Nazionale di Informatica Matematica (GNIM)).
- Dal 1 novembre 1998 presta servizio quale ricercatore (settore disciplinare A04A) presso la Facoltà di Scienze MM. FF. NN. dell'Università di Milano Bicocca.

- Dal giorno 21 settembre 1999 presta servizio quale ricercatore confermato (settore disciplinare MAT08, ex A04A) presso la Facoltà di Scienze MM. FF. NN. dell'Università di Milano Bicocca.
- Ha fruito di congedo per maternità dal 5 agosto 2002 al 15 marzo 2003.
- Dal novembre 2007 è membro del Collegio docenti del *Dottorato in Matematica del Calcolo: Modelli, Algoritmi, Strutture e Applicazioni*, Università dell'Insubria.
- È *reviewer* per il Mathematical Reviews (MR) e *referee* per riviste internazionali.

3. Attività didattica

3.1. Corsi in affidamento

- A.A. 99/2000, 2000/01: titolare del corso di *Calcolo Numerico e Programmazione* in affidamento (e relative esercitazioni) presso il Corso di Laurea in Scienza dei Materiali - Università di Milano Bicocca.
- A.A. 2001/02, 2002/03, 2003/04: titolare del corso di *Calcolo Numerico e Programmazione* in affidamento (e relative esercitazioni) presso il Corso di Laurea triennale in Scienza dei Materiali - Università di Milano Bicocca.
- A.A. 2005/06, 2006/07: titolare del corso di *Analisi Numerica* in affidamento presso il Corso di Laurea specialistica in Informatica - Università di Milano Bicocca.
- A.A. 2008/09, 2009/10: co-titolare del corso di *Metodi dell'Analisi Numerica* in affidamento presso il Corso di Laurea magistrale in Matematica - Università di Milano Bicocca.
- A.A. 2011/12: titolare del corso di *Calcolo Numerico* in affidamento presso il Corso di Laurea triennale in Matematica - Università di Milano Bicocca.

3.2. Esercitazioni e commissione d'esame

- A.A. 95/96, 96/97: esercitazioni ed esami per il corso di *Calcolo Numerico e Programmazione* tenuto dalla Dott.ssa N. Bressan presso il Corso di Laurea in Scienza dei Materiali - Università di Milano.
- A.A. 96/97, 97/98: esercitazioni ed esami per il corso di *Analisi Numerica* tenuto dal Prof. S. Albertoni presso il Corso di Laurea in Matematica - Università dell'Insubria - Sede di Como.
- A.A. 97/98: esercitazioni ed esami per il corso di *Calcolo Numerico e Programmazione* tenuto dalla Prof.ssa F. De Tisi presso il Corso di Laurea in Scienza dei Materiali - Università di Milano.
- A.A. 97/98: esercitazioni ed esami per il corso di *Analisi Numerica* tenuto dal Prof. S. Albertoni presso il Corso di Laurea in Matematica - Università di Milano.
- A.A. 98/99: esercitazioni ed esami per il corso di *Calcolo Numerico e Programmazione* tenuto dalla Prof.ssa L. De Biase presso il Corso di Laurea in Scienza dei Materiali - Università di Milano Bicocca.
- A.A. 2000/01: esercitazioni ed esami per il corso di *Calcolo Numerico* tenuto dal Prof. M. Lunelli presso il Corso di Laurea/Diploma in Informatica - Università di Milano Bicocca.
- A.A. 2001/02, 2002/03, 2003/04: esercitazioni ed esami per il corso di *Calcolo Numerico e Programmazione* tenuto dal Prof. A. Russo presso il Corso di Laurea triennale in Matematica - Università di Milano Bicocca.

- A.A. 2004/05, 2005/06, 2006/07, 2007/08: esercitazioni ed esami per il corso di *Laboratorio di Matematica* tenuto dal Prof. A. Russo presso il Corso di Laurea triennale in Matematica - Università di Milano Bicocca.
- A.A. 2006/07, 2007/08, 2008/09, 2009/10, 2010/11: esercitazioni ed esami per il corso di *Modelli Numerici* tenuto dal Prof. A. Russo presso il Corso di Laurea triennale in Matematica - Università di Milano Bicocca.
- A.A. 2010/11: esercitazioni ed esami per il corso di *Laboratorio di Matematica e Informatica* tenuto dal Prof. A. Russo presso il Corso di Laurea triennale in Matematica - Università di Milano Bicocca.

3.3. Cicli di lezioni

- A.A. 96/97: corso di recupero (30 ore) di *Calcolo Numerico e Programmazione* presso il Corso di Laurea in Scienza dei Materiali - Università di Milano.
- A.A. 98/99: ciclo di lezioni (8 ore) di algebra lineare per il corso di *Matematica I* tenuto dal Prof. B. Terreni presso il Corso di Laurea in Scienza dei Materiali - Università di Milano Bicocca.
- A.A. 2005/06: ciclo di lezioni (12 ore) sulla decomposizione ai valori singolari e applicazioni per il corso di *Calcolo Numerico* tenuto dal Prof. A. Russo presso il Master in Applicazioni della Matematica nell'Industria dell'Università di Milano Bicocca.
- A.A. 2006/07: ciclo di lezioni (24 ore) di algebra lineare numerica per il corso di *Calcolo Numerico* tenuto dal Prof. A. Russo presso il Master in Applicazioni della Matematica nell'Industria dell'Università di Milano Bicocca.

3.4. Relatore di Tesi di Laurea

- Lorena Marota, *Analisi spettrale e tecniche di preconditionamento per discretizzazioni a Differenze Finite di problemi ellittici: il caso di griglie uniformi*, Laurea quadriennale in Matematica, Università di Milano, aprile 2000.
- Elena Vagadore, *Analisi spettrale e tecniche di preconditionamento per discretizzazioni a Differenze Finite di problemi ellittici: il caso di griglie non uniformi*, Laurea quadriennale in Matematica, Università di Milano, aprile 2000.
- Laura Cozzi, *La decomposizione ai valori singolari e una sua applicazione al problema della ricostruzione di immagini*, Laurea triennale in Matematica, Università di Milano Bicocca, dicembre 2004.
- Elena Eremita, *Il metodo del gradiente coniugato e una sua applicazione al problema della ricostruzione di immagini*, Laurea triennale in Matematica, Università di Milano Bicocca, settembre 2005.
- Fabrizio Rossi, *Tecniche di filtraggio nella ricostruzione di immagini con condizioni al contorno antiriflettenti*, Laurea triennale in Matematica, Università di Milano Bicocca, ottobre 2006.
- Luca Sandonà, *Regolarizzazione alla Tikhonov nella ricostruzione di immagini con condizioni al contorno riflettenti*, Laurea triennale in Matematica, Università di Milano Bicocca, dicembre 2006.
- Laura Cozzi, *Analisi spettrale e preconditionamento di discretizzazioni a elementi finiti di equazioni di convezione-diffusione*, Laurea specialistica in Matematica, Università di Milano Bicocca, dicembre 2006.
- Chiara Audia, *Proprietà regolarizzanti del gradiente coniugato nella ricostruzione di immagini con condizioni al contorno antiriflettenti*, Laurea triennale in Matematica, Università di Milano Bicocca, luglio 2007.

- Michela Nova, *Metodi iterativi di splitting per sistemi lineari non Hermitiani a parte reale definita positiva*, Laurea triennale in Matematica, Università di Milano Bicocca, ottobre 2008.
- Elena Pirola, *Metodi iterativi di splitting a due passi per sistemi lineari circolante + diagonale ed applicazioni*, Laurea triennale in Matematica, Università di Milano Bicocca, ottobre 2008.
- Marta Leonarduzzi, *Metodi delle direzioni semi-coniugate per la soluzione di sistemi lineari a parte reale definita positiva*, Laurea triennale in Matematica, Università di Milano Bicocca, dicembre 2009.
- Fabrizio Rossi, *Multigrid algebrico per la risoluzione di problemi differenziali*, Laurea specialistica in Matematica, Università di Milano Bicocca, dicembre 2009.
- Elena Pirola, *Metodi di multigrid algebrico per matrici strutturate*, Laurea magistrale in Matematica, Università di Milano Bicocca, ottobre 2010.
- Silvia Lameri, *Metodi di multigrid regolarizzante nel problema di ricostruzione di immagini*, Laurea triennale in Matematica, Università di Milano Bicocca, dicembre 2010.
- Michela Nova, *Il problema della ricostruzione di immagini sfocate e affette da rumore: tecniche di preconditionamento nel caso di point spread function non simmetriche*, Laurea magistrale in Matematica, Università di Milano Bicocca, marzo 2011.
- Elena De Berti, *Risoluzione di problemi non simmetrici con applicazione alle equazioni differenziali*, Laurea magistrale in Matematica, Università di Milano Bicocca, novembre 2011.
- Elena Dell'Andrino, *Approssimazione di problemi parabolici non lineari con applicazione alla conservazione di monumenti*, Laurea magistrale in Matematica, Università di Milano Bicocca, marzo 2012.

4. Attività organizzativa

- Dal 2001 all'agosto 2002 ha fatto parte della Commissione della Facoltà di Scienze MM. FF. NN. per i Laboratori Informatici di Facoltà.
- Dal dicembre 2004 al giugno 2008 è stata responsabile dell'Orientamento per i Corsi di Laurea in Matematica e ha fatto parte della Commissione Orientamento della Facoltà di Scienze MM. FF. NN.
- Dal maggio 2007 ad oggi è membro della Commissione Informatica del Dipartimento di Matematica e Applicazioni.
- Ha partecipato al *Progetto Lauree Scientifiche (Orientamento e Formazione Insegnanti)* come responsabile del laboratorio *La Matematica del Web: suoni e immagini* (M. Lunelli, A. Russo, C. Tablino Possio - www3.matapp.unimib.it/pls/pls0506.shtml) nel 2006 e del laboratorio *La Matematica del Web: compressione di immagini* (A. Russo, C. Tablino Possio - www3.matapp.unimib.it/pls/pls0607.shtml) nel 2007.

5. Visite scientifiche all'estero

Nel febbraio 2001 e nel giugno 2002 è stata invitata in qualità di "Visiting" dal Prof. R. Chan presso il Dipartimento di Matematica della Chinese University di Hong Kong.

6. Partecipazione a Progetti di Ricerca

Ha partecipato ai seguenti Progetti PRIN:

- PRIN 1998 - *Stime a posteriori e adattatività per problemi di transizione di fase e di evoluzione geometrica di fronti: analisi dell'errore, implementazione e simulazioni numeriche*, Responsabile unità operativa Prof. C. Verdi (Responsabile nazionale Prof. P. Colli Franzone)
- PRIN 2000 - *Metodi e Modelli Numerici Innovativi per Problemi di Evoluzione Singolari*, Responsabile unità operativa e nazionale Prof. C. Verdi
- PRIN 2002 - *Tecniche iterative per matrici strutturate: applicazioni a PDE, immagini e problemi di approssimazione*, Responsabile unità operativa Prof. F. Di Benedetto (Responsabile nazionale Prof. D. Bini)
- PRIN 2004 - *Analisi di matrici strutturate e applicazioni ad approssimazione, problemi inversi e PDE*, Responsabile unità operativa Prof. F. Di Benedetto (Responsabile nazionale Prof. D. Bini)
- PRIN 2006 - *Applicazioni di matrici strutturate: modelli e algoritmi*, Responsabile unità operativa Prof. S. Serra Capizzano (Responsabile nazionale Prof. D. Bini).
- PRIN 2008 - *Applicazioni di matrici strutturate: modelli e algoritmi*, Responsabile unità operativa Prof. S. Serra Capizzano (Responsabile nazionale Prof. D. Bini).

Inoltre, ha partecipato a vari Progetti GNCS-INdAM.

7. Conferenze

- *First Conference on Chemical and Process Engineering* (Firenze, 13-15 maggio 1993), L. Pellegrini, C. Tablino Possio, G. Biardi, *Type III intermittency transition to chaos in a chemical reactor*.
- *First Italian Conference on Chaos and Fractals in Chemical Engineering* (Roma, 25-27 maggio 1994)
 - L. Pellegrini, G. Biardi, C. Tablino Possio, S. Albertoni, *The role of time delay on the stability of chemical systems*.
 - L. Pellegrini, G. Biardi, C. Tablino Possio, *Deterministic chaos in chemical engineering: state of the art and trends*.
- *Second Conference on Chemical and Process Engineering* (Firenze, 15-17 maggio 1995), L. Pellegrini, G. Biardi, C. Tablino Possio, S. Albertoni, *Study of a CSTR with a delayed recycle: an outline of the nonlinear dynamic behaviour*.
- *VII International Colloquium on Differential Equations* (Plovdiv, Bulgaria, August, 18-23, 1996), S. Serra, C. Tablino Possio, *Analysis of a degenerate Hopf bifurcation in a PID controlled CSTR*, su invito del Prof. D. Bainov - Università di Sofia, Bulgaria.
- *International CFIC96 Conference* (Rome, Italy, September, 2-5, 1996),
 - C. Tablino Possio, L. Pellegrini, S. Albertoni, *Comparison among different ways of building up the OGY method in the case of a PI controlled CSTR*.
 - L. Pellegrini, C. Tablino Possio, G. Biardi, *The noise sensitivity of the OGY method*.
 - L. Pellegrini, C. Tablino Possio, G. Biardi, *An example of how nonlinear dynamics tools can be successfully applied to a chemical system*.
- *2nd European Nonlinear Oscillations Conferences* (Prague, Czech Republic, September, 9-13, 1996), C. Tablino Possio, L. Pellegrini, *The application of high codimension bifurcation theory to a PID controlled CSTR*.

- *International Conference on Control of Oscillations and Chaos* (St. Petersburg, Russia, August, 27-29, 1997), C. Tablino Possio, L. Pellegrini, *A k^{th} order reaction: application of high codimension bifurcation theory.*
- *A Mathematical Journey through Analysis, Matrix Theory and Scientific Computation* (Kent, Ohio (USA), March, 25–27, 1999), S. Serra Capizzano, C. Tablino Possio, *Constructive techniques for approximating matrix-sequences.*
- *Second Workshop on Numerical Analysis and Applications: symposium on Recent Advances on Structured Matrices and Applications* (Rousse, Bulgaria, June, 11–15, 2000), S. Serra Capizzano, C. Tablino Possio, *A multigrid approach for multilevel circulant linear systems.*
- *International Conference on Structured Matrices* (Hong Kong (Cina), May, 29 – June, 1, 2002), su invito del Dott. M. Ng - City University of Hong Kong (Cina),
 - S. Serra Capizzano, C. Tablino Possio, *Recent advances on multigrid methods for (multilevel) structured linear systems.*
 - S. Serra Capizzano, C. Tablino Possio, *15 years of iterative solvers for Toeplitz linear systems.*
- *SPIE - Session: Advanced Signal Processing Algorithms, Architectures and Implementations XII* (Seattle - Washington (USA) July, 7-11, 2002), R.H. Chan, S. Serra Capizzano, C. Tablino Possio, *Application of multigrid techniques to image restoration problems.*
- *Second International Conference on Matrix methods and Operator Equations* (Moscow (Russia), July, 23-27, 2007), C. Tablino Possio, *Spectral filtering methods with Reflective/ Anti-Reflective boundary conditions.*
- *9th IMACS International Symposium on Iterative Methods in Scientific Computing* (Lille (France), March, 17-20, 2008), S. Serra Capizzano, C. Tablino Possio, *Algebraic Multigrid Methods for (Multilevel) Structured-plus-banded Uniformly Bounded Hermitian Positive Definite Linear Systems.*
- *Workshop on “Structured Linear Algebra Problems: Analysis, Algorithms, and Applications”* (Cortona (Italy), September 15-19, 2008), A. Russo, C. Tablino Possio, *Spectral analysis and preconditioning in Finite Element approximations of elliptic PDEs*, su invito del Prof. D. Bini - Università di Pisa.
- *Workshop “Giornate di Algebra Lineare Numerica e Applicazioni”* (Perugia (Italy), Febbraio 16-17, 2009), A. Russo, C. Tablino Possio, *The mesh role in preconditioning Finite Element matrix sequences.*

8. Attività di ricerca

L'attività di ricerca è stata principalmente condotta nell'ambito dell'algebra lineare numerica, con particolare attenzione alla teoria del preconditionamento e dei metodi di multigrid algebrico. Le applicazioni riguardano il trattamento numerico di equazioni differenziali e la ricostruzione di immagini sfocate e affette da rumore.

I temi trattati sono:

1. fenomeni di dinamica non lineare in sistemi dinamici controllati [A.1, A.2, A.3, A.4, A.5, A.6, B.1, B.2, C.1, C.2, C.3, C.4, C.5, G.1, G.2, G.3];

2. analisi spettrale e preconditionamento di sistemi lineari derivanti dalla discretizzazione di equazioni differenziali ellittiche [A.7, A.8, A.9, A.10, A.11, A.12, A.13, A.14, B.3, C.6];
3. metodi di multigrid algebrico per matrici strutturate [A.15, A.17, A.19, A.20, B.4, C.7, C.8, D.1, D.23];
4. preconditionamento di sistemi lineari indefiniti o non-Hermitiani [A.16, A.18, A.21, D.22];
5. metodi di filtraggio spettrale nella ricostruzione di immagini sfocate e affette da rumore [B.5].

Le citazioni fanno riferimento all'elenco completo dei lavori.

1. Fenomeni di dinamica non lineare in sistemi dinamici controllati

Negli anni 1992-1997 l'attività di ricerca svolta ha riguardato l'analisi di fenomeni di dinamica non lineare in sistemi derivanti dalla modellazione matematica di reattori chimici controllati.

Si è inizialmente considerato il problema della simulazione numerica e dell'analisi dell'insorgenza di comportamenti caotici in sistemi dinamici a parametri distribuiti (PDEs) retti da equazioni evolutive tipo reazione-convezione-diffusione [A.1].

L'approccio è avvenuto attraverso modelli intermedi di progressiva difficoltà, sia dal punto di vista modellistico, sia dal punto di vista computazionale (modelli a parametri concentrati (ODEs), modelli a parametri distribuiti, modelli con ritardo di tempo) [A.5, A.3, A.4, A.1, G.1, G.3].

Si è rivelata necessaria sia la scelta di appropriate tecniche di simulazione numerica, così da permettere l'uso degli strumenti classici della teoria delle biforcazioni e della teoria del caos deterministico (moltiplicatori di Floquet, esponenti di Lyapunov, etc.), sia la loro ottimizzazione in considerazione degli elevati costi computazionali.

L'analisi delle vie di degenerazione possibili a comportamento caotico dei sistemi in esame sotto l'azione di un controllo proporzionale-integrale ha permesso di riconoscere e caratterizzare le proprietà di universalità sia del classico scenario del period-doubling [A.1, B.1], sia di quello più raro (e primo esempio nell'ambito della dinamica di reattori chimici) di transizione via Intermittenza di tipo III [A.2].

Al fine di garantire la possibilità di previsione del comportamento dinamico al variare dei parametri significativi, particolare attenzione è stata posta nell'analizzare la possibilità di occorrenza di biforcazioni di codimensione superiore e di eventuali loro caratteristiche di degenerazione, essendo esse stesse una probabile fonte di insorgenza di comportamenti caotici. Dal punto di vista della simulazione numerica ciò ha comportato l'analisi di opportune tecniche di valutazione delle funzioni di biforcazione associate, unitamente allo studio delle corrispondenti strategie di continuazione.

In particolare, la ridotta dimensionalità dei modelli a parametri concentrati considerati ha permesso di affrontare in modo analitico l'analisi biforcazionale anche di codimensione superiore, mediante opportuni strumenti di algebra lineare [A.3, A.4, C.1, A.5, C.2, C.5]. Particolare attenzione è stata dedicata, fra l'altro, al caso delle biforcazioni di Hopf degeneri di I, II e III tipo, in quanto nell'intorno di tali biforcazioni di codimensione superiore si riscontrano in genere fenomeni peculiari, quali la comparsa di soluzioni quasiperiodiche, la contemporanea presenza di differenti soluzioni periodiche in conseguenza di fenomeni di isteresi e le cascate

di period doubling degeneranti in caos.

Inoltre, la teoria delle forme normali di codimensione superiore ha permesso di mettere in luce le caratteristiche biforcazionali degeneri e non generiche di un qualsivoglia sistema dinamico sotto controllo Proporzionale-Integrale, ritrovando, almeno relativamente all'unfolding di tali biforcazioni, i risultati classici predetti dalla teoria [A.6, C.2]. La valutazione asintotica dei coefficienti coinvolti nelle forme normali di tali biforcazioni di codimensione superiore ha permesso di evidenziare le proprietà di stabilità asintotica delle soluzioni osservate.

Infine sono state considerate problematiche relative all'applicazione pratica e alla sensitività numerica dei cosiddetti metodi di *controlling chaos* per la stabilizzazione dei cicli limite e dei punti di equilibrio propri di un assegnato sistema dinamico [C.3, C.4].

Lavori relativi a questo argomento: A.1, A.2, A.3, A.4, A.5, A.6, B.1, B.2, C.1, C.2, C.3, C.4, C.5, G.1, G.2, G.3.

2. Analisi spettrale e preconditionamento di sistemi lineari derivanti dalla discretizzazione di equazioni differenziali ellittiche

Si è considerato il problema del trattamento numerico di problemi ellittici a coefficienti non costanti del tipo

$$-\sum_{i,j=1}^d \frac{\partial}{\partial x_i} \left(a_{i,j}(x) \frac{\partial}{\partial x_j} u(x) \right) = f(x) \quad \text{in } \Omega_d = (0,1)^d$$

con condizioni al contorno di Dirichlet e dove $A(x) = (a_{i,j}(x))$ è una matrice simmetrica coerciva (o semicoerciva).

È noto come la discretizzazione di tali problemi al contorno con il metodo delle Differenze Finite dia luogo a successioni di matrici strutturate asintoticamente malcondizionate. Pertanto, la ricerca si è concentrata sulla definizione di strategie di preconditionamento efficaci per il metodo del gradiente coniugato, sulla base di una approfondita analisi delle proprietà di distribuzione spettrale della successione di matrici di discretizzazione, a partire dal caso di griglie uniformi.

In considerazione della natura "Localmente Toeplitz" di tali matrici nel senso di Tilli [P. Tilli, *Locally Toeplitz sequences: spectral properties and applications*, Linear Algebra Appl., 278 (1998), no. 1-3, 91–120], viene proposta per il preconditionamento la successione di matrici di Toeplitz corrispondente alla medesima discretizzazione nel caso di coefficienti costanti, simmetricamente scalata da opportune matrici diagonali. In [A.8, A.12] si dimostra che tale strategia di preconditionamento induce proprietà di convergenza superlineari, a migliorare sostanzialmente i risultati di preconditionamento con fattorizzazioni incomplete, circolanti, etc., presenti in letteratura. Inoltre, ne viene analizzata l'estensione per operatori differenziali di ordine superiore, anche usando schemi di discretizzazione di precisione elevata.

In [A.7] sono pure individuati ulteriori approfondimenti basati su risultati spettrali di localizzazione e teoremi di distribuzione asintotica stile Szegő–Parter–Avram–Tyrtyshnikov (si veda A. Böttcher, B. Silbermann, *Introduction to large truncated Toeplitz matrices*. Universitext. Springer-Verlag, 1999).

Si è successivamente considerata l'estensione di tali strategie di preconditionamento

mento al caso di discretizzazione su specifiche classi di successioni di griglie non uniformi, a cui appartengono importanti esempi di griglie di collocazione. Lo studio trova motivazione nei risultati in [S. D. Kim, S. V. Parter, *Preconditioning Chebyshev spectral collocation by finite-difference operators*, SIAM J. Numer. Anal., 34 (1997), no. 3, 939–958], ove si dimostra che le matrici di discretizzazione a Differenze Finite sui nodi di collocazione preconditionano in modo ottimale le matrici di collocazione forte. In [A.9, A.13] si è proposta una strategia di preconditionamento superlineare che riconduce, sotto opportune ipotesi, il caso di griglie non uniformi al caso uniforme. Tale reinterpretazione è poi stata estesa a problemi multidimensionali, portando a definire opportune successioni di preconditionatori “separabili”, i quali nuovamente inducono proprietà di convergenza superlineari [C.6, B.3].

È stata infine considerata l’estensione di tali strumenti e tecniche al caso delle matrici di discretizzazione a Differenze Finite nel caso di domini plurirettangolari [A.14] e al caso delle matrici di discretizzazione derivanti dall’applicazione del metodo degli Elementi Finiti su domini rettangolari con mesh strutturate uniformi [A.11].

Lavori relativi a questo argomento: A.7, A.8, A.9, A.10, A.11, A.12, A.13, A.14, B.3, C.6.

3. Metodi di multigrid algebrico per matrici strutturate

Si è considerata l’analisi e la sintesi di algoritmi di multigrid algebrico per la risoluzione di sistemi lineari strutturati multilivello, con particolare attenzione al caso di matrici in algebre e al caso di matrici di Toeplitz multilivello. L’importanza di tale tematica è legata ai risultati negativi noti per il preconditionamento in algebre di matrici ottenuti in [S. Serra Capizzano, E. Tyrtshnikov, *Any circulant-like preconditioner for multilevel matrices is not superlinear*, SIAM J. Matrix Anal. Appl., 21 (1999), no. 2, 431–439] e in [D. Noutsos, S. Serra Capizzano, P. Vassalos, *Matrix algebra preconditioners for multilevel Toeplitz systems do not insure optimal convergence rate*, Theoret. Comput. Sci., 315 (2004), no. 2-3, 557–579]. L’attenzione è stata preliminarmente dedicata allo studio delle proprietà geometriche e di struttura dei proiettori, con l’obiettivo di ottenere metodi Two-Grid e Multigrid ottimali, cioè convergenti in un numero costante di iterazioni indipendente dalla dimensione e con costo lineare nel caso multilivello a banda.

In particolare, si è considerata, e si sta considerando, la stesura di algoritmi di multigrid algebrico per le seguenti classi di problemi: strutture Toeplitz e Tau, strutture circolanti [A.15, C.7], strutture in algebra di Coseni-III [A.19, C.8], strutture Toeplitz+diagonali [A.20, A.17], strutture proiettate.

Le prime due classi trovano applicazione nella discretizzazione di problemi differenziali ellittici, con condizioni al contorno di Dirichlet e periodiche rispettivamente, mentre la terza è importante in problemi di ricostruzione di immagini. La quarta classe interviene, ad esempio, nel trattamento numerico di PDEs con metodi esponenzialmente convergenti (come il *metodo sinc*), la quinta nel caso in cui gli operatori differenziali siano definiti in plurirettangoli.

Recentemente in [B.4] si è data una dimostrazione di convergenza ottimale per gli algoritmi proposti in [A.19], relativamente all’algebra di Coseni-III.

Infine in [D.1] si è considerata l’estensione di procedure note di multigrid algebrico a successioni di sistemi lineari alla cui matrice dei coefficienti venga aggiunta una

correzione a banda, indefinita e non necessariamente strutturata, sotto l'ipotesi che la successione di matrici rimanga complessivamente Hermitiana definita positiva e uniformemente limitata, dando dimostrazione di ottimalità nel caso di metodo Two-Grid. Tale estensione ha permesso di formulare un metodo di multigrid algebrico per il Laplaciano discreto a coefficienti non costanti e la sperimentazione numerica effettuata ne evidenzia la robustezza al variare della proprietà di regolarità dei coefficienti [D.23].

Lavori relativi a questo argomento: A.15, A.17, A.19, A.20, B.4, C.7, C.8, D.1, D.23.

4. Precondizionamento di sistemi lineari indefiniti o non-Hermitiani

A partire da strumenti di teoria delle matrici strutturate si sono estese tecniche di precondizionamento a banda per problemi indefiniti o non-Hermitiani, ottenendo risultati di localizzazione dello spettro, risultati di distribuzione globale ed informazioni sul condizionamento puntuale ed asintotico della matrice degli autovettori delle strutture precondizionate.

Tali risultati hanno consentito la definizione in [A.16, A.18] di preconditionatori ottimali per metodi di Krylov quali, ad esempio, il MinRes ed il GMRES. La sperimentazione numerica è stata effettuata anche con altri metodi, tra cui il Gradiente Coniugato con risultati particolarmente interessanti: l'euristica della sua applicazione trova giustificazione nell'analisi teorica che dimostra che la matrice precondizionata, anche se non simmetrizzabile, può essere vista come una perturbazione di rango basso di una matrice definita positiva.

Inoltre, in [A.21] si è estesa la tecnica dello splitting Hermitiano/anti-Hermitiano recentemente proposta in [Z. Bai, G.H. Golub, M.K. Ng, *Hermitian and skew-Hermitian splitting methods for non-Hermitian positive definite linear systems*, SIAM J. Matrix Anal. Appl., 24 (2003), no. 3, 603–626] in modo da permettere l'applicazione di strategie di precondizionamento.

Tale estensione, unitamente ai precedenti risultati sul precondizionamento nel caso di problemi Hermitiani [A.8, A.12, A.14], ha permesso di ottenere un metodo ottimale per la risoluzione numerica dei sistemi lineari provenienti dalla discretizzazione a Differenze Finite di equazioni di convezione/diffusione del tipo

$$\operatorname{div} \left(-a(\mathbf{x})\nabla u + \vec{\beta}(\mathbf{x})u \right) = f$$

in $\Omega_d \subset (0, 1)^d$ con condizioni al contorno di Dirichlet. Più precisamente, il metodo ha convergenza indipendente sia dal parametro di finezza della griglia, sia dal numero di dimensioni e richiede $O(n)$ operazioni per iterazione, dove n è la dimensione del problema.

Analogo risultato di ottimalità è stato ottenuto in [D.22] nel caso di approssimazioni ad Elementi Finiti su mesh strutturate, facendo anche riferimento nelle tecniche dimostrative all'approccio più naturale della *local domain analysis*.

Lavori relativi a questo argomento: A.16, A.18, A.21, D.22.

5. Metodi di filtraggio spettrale nella ricostruzione di immagini sfocate e affette da rumore

Nell'ambito dei problemi di ricostruzione di immagini sfocate e affette da rumore,

si sono considerati metodi di filtraggio spettrale, come le decomposizioni ai valori singolari o agli autovalori troncate e le regolarizzazioni alla Tikhonov nel caso di condizioni al contorno riflettenti e anti-riflettenti, recentemente proposte in letteratura.

In [B.5] si è data evidenza numerica di come le decomposizioni spettrali diano buoni risultati di ricostruzione, e in particolare nel caso della decomposizione spettrale antiriflettente, nonostante la perdita di ortogonalità della trasformata associata. L'interesse risiede nel fatto che il costo computazionale è comparabile con quello di decomposizioni spettrali precedentemente note e risulta sostanzialmente inferiore rispetto a quello della decomposizione ai valori singolari.

Si è inoltre considerato il caso di modellazione del fenomeno di *cross-channel blurring* in immagini a colori, adattando opportunamente i metodi di filtraggio spettrale precedentemente considerati.

Si sta attualmente considerando la definizione di strategie di preconditionamento in algebra ottimali per il problema di ricostruzione di immagini nel caso di operatore di sfocamento non fortemente simmetrico [E.1].

Lavori relativi a questo argomento: B.5.

ELENCO COMPLETO LAVORI

Dott.ssa Cristina TABLINO POSSIO

Ricercatore confermato - settore Analisi Numerica (MAT08)
Università di Milano Bicocca

Lavori su rivista

- A-1. L. PELLEGRINI, C. TABLINO POSSIO, S. ALBERTONI, G. BIARDI
Different scenarios in a controlled tubular reactor with a countercurrent coolant
Chaos, Solitons and Fractals, Vol. 3, N. 5, pp. 537–549 (1993).
- A-2. C. TABLINO POSSIO, L. PELLEGRINI
An example of Type III intermittency in Chemical Engineering
Chemical Engineering Science, Vol. 49, N. 1, pp. 131–137 (1994).
- A-3. L. PELLEGRINI, C. TABLINO POSSIO
A non-ideal CSTR: High codimension bifurcation analysis
Chemical Engineering Science, Vol. 51, N. 11, pp. 3151–3156 (1996).
- A-4. C. TABLINO POSSIO, L. PELLEGRINI
The influence of Hopf bifurcation degeneracies on the dynamic behaviour of a non-ideal PI controlled CSTR
International Journal of Bifurcation and Chaos, Vol. 6, N. 7, pp. 1255–1266 (1996).
- A-5. L. PELLEGRINI, C. TABLINO POSSIO, G. BIARDI
An example of how nonlinear dynamics tools can be successfully applied to a chemical system
Fractals, Vol. 5, N. 3, pp. 531–547 (1997).
- A-6. S. SERRA, C. TABLINO POSSIO
Analytical analysis of the Gavrilov-Guckenheimer bifurcation unfolding in the case of a Proportional-Integral controlled CSTR
SIAM Journal on Applied Mathematics, Vol. 59, N. 5, pp. 1716–1744 (1999).
- A-7. S. SERRA CAPIZZANO, C. TABLINO POSSIO
Spectral and structural analysis of high precision finite differences matrices for elliptic operators
Linear Algebra and its Applications, Vol. 293, pp. 85–131 (1999).
- A-8. S. SERRA CAPIZZANO, C. TABLINO POSSIO
High-order Finite Difference schemes and Toeplitz based preconditioners for Elliptic Problems
Electronic Transactions on Numerical Analysis, Vol. 11, pp. 55–84 (2000).
- A-9. S. SERRA CAPIZZANO, C. TABLINO POSSIO
Constructive techniques for approximating collocation linear systems
Numerical Algorithms, Vol. 25, pp. 323–339 (2000).
- A-10. S. SERRA CAPIZZANO, C. TABLINO POSSIO
Positive representation formulas for Finite Difference discretizations of (elliptic) second

order PDEs

Contemporary mathematics, Vol. 281 [Structured matrices in mathematics, computer science, and engineering, II], pp. 295–317 (2001).

- A-11. S. SERRA CAPIZZANO, C. TABLINO POSSIO
Finite Element matrix-sequences: the case of rectangular domains
Numerical Algorithms, Vol. 28, pp. 309–327 (2001).
- A-12. S. SERRA CAPIZZANO, C. TABLINO POSSIO
Preconditioning strategies for 2D Finite Difference matrix sequences
Electronic Transactions on Numerical Analysis, Vol. 16, pp. 1–29 (2003).
- A-13. S. SERRA CAPIZZANO, C. TABLINO POSSIO
Analysis of preconditioning strategies for collocation linear systems
Linear Algebra and its Applications, Vol. 369, pp. 41–75 (2003).
- A-14. S. SERRA CAPIZZANO, C. TABLINO POSSIO
Superlinear preconditioners for Finite Differences linear systems
SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications, Vol. 25, N. 1, pp. 152–164 (2003).
- A-15. S. SERRA CAPIZZANO, C. TABLINO POSSIO
Multigrid methods for multilevel circulant matrices
SIAM Journal on Scientific Computing Vol. 26, N. 1, pp. 55–85 (2004).
- A-16. T. HUCKLE, S. SERRA CAPIZZANO, C. TABLINO POSSIO
Preconditioning strategies for Hermitian indefinite Toeplitz linear systems
SIAM Journal on Scientific Computing, Vol. 25, N. 5, pp. 1633–1654 (2004).
- A-17. M. NG, S. SERRA CAPIZZANO, C. TABLINO POSSIO
Multigrid preconditioners for symmetric Sinc systems
The Australian & New Zealand Industrial and Applied Mathematics Journal, Vol. 45, pp. 857–869 (2004).
- A-18. T. HUCKLE, S. SERRA CAPIZZANO, C. TABLINO POSSIO
Preconditioning strategies for non-Hermitian Toeplitz linear systems
Numerical Linear Algebra and its Applications, Vol. 12, N. 2-3, pp. 211–220 (2005).
- A-19. R.H. CHAN, S. SERRA CAPIZZANO, C. TABLINO POSSIO
Two-Grid methods for banded linear systems from DCT III algebra
Numerical Linear Algebra and its Applications, Vol. 12, N. 2-3, pp. 241–249 (2005).
- A-20. M. NG, S. SERRA CAPIZZANO, C. TABLINO POSSIO
Numerical behaviour of multigrid methods for symmetric Sinc-Galerkin systems
Numerical Linear Algebra and its Applications, Vol. 12, N. 2-3, pp. 261–269 (2005).
- A-21. D. BERTACCINI, G. GOLUB, S. SERRA CAPIZZANO, C. TABLINO POSSIO
Preconditioned HSS methods for the solution of non-Hermitian positive definite linear systems and applications to the discrete convection-diffusion equation
Numerische Mathematik, Vol. 99, N. 3, pp. 441–484 (2005).
- A-22. A. RUSSO, C. TABLINO POSSIO
Hermitian and skew-Hermitian splitting method for finite element approximations of convection-diffusion equations
SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications, Vol. 31, N. 3, pp. 997–1018 (2009).
- A-23. S. SERRA CAPIZZANO, C. TABLINO POSSIO
A Note on Algebraic Multigrid Methods for the Discrete Weighted Laplacian
Computers & Mathematics with Applications, Vol. 60, N. 5, pp. 1290–1298 (2010).

Contributi a libri specialistici

- B-1. S. ALBERTONI, L. PELLEGRINI, C. TABLINO POSSIO
Different Roads to Chaos in Chemical Reactors
in “Boundary value problems for Partial Differential Equations and Applications”, J.L. Lions e C. Baiocchi Eds., Masson (1993), pp. 279–286.
- B-2. G. BIARDI, L. PELLEGRINI, C. TABLINO POSSIO
Chaos and Chemical Reactions
in “Analysis, Simulation, Dynamics of Chemical Reactors: Introduction to some fundamental techniques”, G. Continillo, S. Crescitelli e P.G. Lignola Eds., CUEN (1995), pp. 377–400.
- B-3. S. SERRA CAPIZZANO, C. TABLINO POSSIO
Structured preconditioning of optimal preconditioners for 2D collocation linear systems
in “Structured Matrices: Recent Advances and Applications”, D. Bini, E. Tyrtyshnikov and P. Yalamov Eds., Nova Science Publisher Inc. (2001), pp. 191–204.
- B-4. C. TABLINO POSSIO
V-cycle optimal convergence for DCT-III matrices
in Operator Theory: Advances and Applications., 199 - Numerical Methods for Structured Matrices and Applications: Georg Heinig memorial volume”, D. Bini, V. Mehrmann, V. Olshevsky, E. Tyrtyshnikov, M. Van Barel Eds., Birkhauser Verlag (2010), pp. 377–396.
- B-5. C. TABLINO POSSIO
Truncated decompositions and filtering methods with Reflective/Anti-Reflective boundary conditions: a comparison
in “Matrix methods: theory, algorithms, applications. Dedicated to the Memory of Gene Golub”, V. Olshevsky, E. Tyrtyshnikov Eds., World Scientific Publishing (2010), pp. 382–408.

Lavori su proceedings di congressi internazionali

- C-1. C. TABLINO POSSIO, L. PELLEGRINI
The application of high codimension bifurcation theory to a PID controlled CSTR
Atti della 2nd European Nonlinear Oscillations Conferences (Prague, Czech Republic, September, 9-13, 1996), L. Pust e F. Peterka Eds., Publishing House of Czech Technical University (1996), pp. 183–186.
- C-2. S. SERRA, C. TABLINO POSSIO
Analysis of a degenerate Hopf bifurcation in a PID controlled CSTR
Atti del 7th International Colloquium on Differential Equations (Plovdiv, Bulgaria, August, 18-23, 1996), D. Bainov Ed., VSP publisher (1997), pp. 371–379.
- C-3. C. TABLINO POSSIO, L. PELLEGRINI, S. ALBERTONI
The OGY method in the case of a PI controlled CSTR. Part I: comparison of different ways of building up the method
Atti della International CFIC96 Conference (Rome, Italy, September, 2-5, 1996), M. Giona e G. Biardi Eds., World Scientific (1997), pp. 664–675.
- C-4. L. PELLEGRINI, C. TABLINO POSSIO, G. BIARDI
The OGY method in the case of a PI controlled CSTR. Part II: effects of noise
Atti della International CFIC96 Conference (Rome, Italy, September, 2-5, 1996), M. Giona e G. Biardi Eds., World Scientific (1997), pp. 676–687.

- C-5. C. TABLINO POSSIO, L. PELLEGRINI
A k^{th} order reaction: application of high codimension bifurcation theory
 Atti della International Conference on Control of Oscillations and Chaos (St. Petersburg, Russia, August, 27-29, 1997), F.L. Chernousko e A.L. Fradkov Eds., IEEE (1997), pp. 508–511.
- C-6. S. SERRA CAPIZZANO, C. TABLINO POSSIO
Preliminary remarks on preconditioning strategies for two dimensional collocation linear systems
 Atti del Second Workshop on “Large-Scale Scientific Computations” (Sozopol, Bulgaria, June, 2-6, 1999), Vieweg Notes on Numerical Fluid Mechanics 73, M. Griebel, S.D. Margenov e P. Yalamov Eds., pp. 94–101 (2000).
- C-7. S. SERRA CAPIZZANO, C. TABLINO POSSIO
Preliminary remarks on multigrid methods for circulant matrices
 Atti del Second Workshop on “Numerical Analysis and Applications” (Rousse, Bulgaria, June, 11–15, 2000), Lecture Notes in Computer Science, L. Vulkov, J. Wasniewski e P. Yalamov Eds., Springer-Verlag, Vol. 1988, pp. 152–159 (2001).
- C-8. R.H. CHAN, M. DONATELLI, S. SERRA CAPIZZANO, C. TABLINO POSSIO
Application of multigrid techniques to image restoration problems
 Atti dello SPIE, Advanced Signal Processing Algorithms, Architectures, and Implementations XII, (Seattle, Washington (USA), July, 7-11, 2002), Vol. 4791, pp. 210-221 (2002).

Lavori in revisione o sottoposti

- D-1. S. SERRA CAPIZZANO, C. TABLINO POSSIO
A note on multigrid methods for (multilevel) structured-plus-banded uniformly bounded Hermitian positive definite linear systems
 in revisione (anche Quaderno N. 5 (2008), Dipartimento di Matematica e Applicazioni, Università di Milano Bicocca - versione estesa).

Lavori in stesura

- E-1. P. BOITO, S. SERRA CAPIZZANO, C. TABLINO POSSIO
Preconditioning and approximations in image deblurring with different boundary conditions.

Rapporti interni

- F-1. C. TABLINO POSSIO, L. PELLEGRINI
The effectiveness of high codimension bifurcation analysis in exploiting the dynamic behaviour of a PI controlled CSTR
 Quaderno N. 22 (1995) - Dipartimento di Matematica dell'Università di Milano.
- F-2. S. SERRA, C. TABLINO POSSIO
Analysis of a degenerate Hopf bifurcation in a PID controlled CSTR
 Quaderno N. 5 (1996) - Dipartimento di Energetica S. Stecco dell'Università di Firenze, versione estesa di [C-2].
- F-3. S. SERRA CAPIZZANO, C. TABLINO POSSIO
Preconditioning strategies for 2D Finite Difference matrix sequences
 Quaderno N. 2 (1999) - Dipartimento di Scienza dei Materiali dell'Università di Milano Bicocca, versione estesa e più generale di [A-12]

- F-4. S. SERRA CAPIZZANO, C. TABLINO POSSIO
Superlinear preconditioning of optimal preconditioners for collocation linear systems
Quaderno N. 3 (1999) - Dipartimento di Scienza dei Materiali dell'Università di Milano
Bicocca, versione estesa di [A-13].

Lavori su proceedings di congressi nazionali

- G-1. L. PELLEGRINI, G. BIARDI, C. TABLINO POSSIO, S. ALBERTONI
The role of time delay on the stability of chemical systems
Atti della First Italian Conference on Chaos and Fractals in Chemical Engineering
(Roma, 25-27 maggio 1994), G. Biardi, M. Giona e A.R. Giona Eds., World Scientific
(1995), pp. 227–238.
- G-2. L. PELLEGRINI, G. BIARDI, C. TABLINO POSSIO
Deterministic chaos in chemical engineering: state of the art and trends
Atti della First Italian Conference on Chaos and Fractals in Chemical Engineering
(Roma, 25-27 maggio 1994), G. Biardi, M. Giona e A.R. Giona Eds., World Scientific
(1995), pp. 165–184.
- G-3. L. PELLEGRINI, G. BIARDI, C. TABLINO POSSIO, S. ALBERTONI
Study of a CSTR with a delayed recycle: an outline of the nonlinear dynamic behaviour
Atti della Second Conference on Chemical and Process Engineering (Firenze, 15-17
maggio 1995), AIDIC Conference Series, Vol. 1, ERIS C.T. S.r.l (1995), pp. 425–433.

Tesi

- H-1. *Sistemi dinamici non lineari controllati*
Tesi di Dottorato di ricerca in Matematica Computazionale e Ricerca Operativa - VIII
ciclo, sede amministrativa Università degli Studi di Milano
Supervisor: Prof. S. Albertoni (Università di Milano) e Prof. G. Biardi (Politecnico di
Milano).
- H-2. *Insorgenza del caos in un reattore chimico a flusso longitudinale: il period-doubling*
Tesi di laurea in Matematica, Università di Milano (sessione del 17 dicembre 1991)
Relatore: Prof. S. Albertoni (Università di Milano).

Dispense didattiche

- I-1. Dispense del corso di *Calcolo Numerico e Programmazione - A.A. 2003/04* per il Corso
di Laurea triennale in Scienza dei Materiali - Università di Milano Bicocca:
www.matapp.unimib.it/~cristina/sdm0304/dispense-cnpsdm0304.pdf
- I-2. Dispense del corso di *Analisi Numerica - A.A. 2005/06, 2006/07* per il Corso di Laurea
specialistica in Informatica - Università di Milano Bicocca:
www3.matapp.unimib.it/dispense-aninfo0607-tablino.html