

Curriculum scientifico e didattico

Raffaella Carbone

Dipartimento di Matematica dell'Università di Pavia

ISTRUZIONE SUPERIORE, STUDI UNIVERSITARI E POST-UNIVERSITARI

- Laurea in Matematica conseguita presso l'Università degli Studi di Genova il 12 giugno 1996 (indirizzo Applicativo) con votazione 110/110 e lode;
- borsista CNR da luglio ad ottobre 1996 (Borsa di studio per laureandi) presso il Dipartimento di Matematica dell'Università di Genova;
- Dottorato di Ricerca in Matematica (XII ciclo) presso l'Università degli Studi di Milano con tesi dal titolo "Exponential Ergodicity of Some Quantum Markov Semigroup".

Assegni di ricerca: Dal dicembre 2000 all'aprile 2001 sono stata assegnista di ricerca presso il Dipartimento di Matematica del Politecnico di Milano.

POSIZIONE ATTUALE:

Da maggio 2001 sono ricercatore presso il Dipartimento di Matematica dell'Università di Pavia, settore Probabilità e Statistica Matematica; ricercatore confermato da maggio 2004.

Congedi (per maternità): da ottobre 2008 a marzo 2009; da maggio 2010 a dicembre 2010.

ATTIVITÀ DIDATTICA

Dall'anno accademico (a.a.) 1997/98 all'a.a. 2000/01 ho tenuto alcune esercitazioni e servizi di tutorato per i Corsi di Diploma e di Laurea in Ingegneria del Politecnico di Milano, per il corso di Laurea in Fisica, in Matematica ed il Corso di Master in Matematica e Finanza dell'Università degli Studi di Milano.

Presso l'Università degli Studi di Pavia ho svolto i seguenti incarichi didattici:

- corso di "Matematica per le Scienze Sociali" per il Corso di Laurea in Scienze Politiche, a.a. 00/01, 02/03;
- esercitazioni "Probabilità" per il Corso di Laurea in Matematica, a.a. 00/01;
- esercitazioni di "Elementi di Statistica" per il Corso di Laurea in Ingegneria, a.a.00/01;
- esercitazioni di "Processi Stocastici", per il Dottorato in Matematica e Statistica, a.a. 00/01;
- corso di "Modelli Statistici per le Scienze Naturali" per il Corso di Laurea in Scienze Naturali, a.a. 02/03;
- corso di "Laboratorio Informatico di Statistica" per il Corso di Laurea in Scienze Naturali, a.a. 02/03;
- tutorato del corso "La Matematica e i Mercati Finanziari" per la scuola SAFI, a.a. 02/03;
- corso di "Modelli Probabilistici e Statistici-a" per il Corso di Laurea triennale e specialistica in Matematica, a.a. 03/04, 04/05, 05/06, 06/07, 07/08, 08/09, 09/10;
- corso di "Matematica e Statistica applicate alle Scienze Naturali", II modulo, per il Corso di Laurea in Scienze Naturali, a.a. 03/04, 04/05, 05/06;

- corso di “Introduzione ai Processi Stocastici”, per il Dottorato in Matematica e Statistica , a.a. 04/05;
 - corso di “Analisi matematica e Informatica” per il Corso di Laurea in Biotecnologie, a.a. 06/07;
 - corso di “Teoria delle Probabilità”-II modulo per il Corso di Laurea specialistica in Matematica, a.a. 07/08;
 - esercitazioni di “Probabilità e Statistica” per il Corso di Laurea in Matematica, a.a. 07/08;
 - corso di “Finanza Matematica”-II modulo per il Corso di Laurea Specialistica in Matematica, a.a. 08/09;
 - corso di “Processi Stocastici”-II modulo per il Corso di Laurea Magistrale in Matematica, a.a. 09/10;
 - corso di “Elementi di Matematica e Statistica”, I modulo, per il Corso di Laurea in Scienze Naturali, a.a. 09/10;
 - esercitazioni per il corso di “Processi Stocastici” per il Corso di Laurea Magistrale in Matematica, a.a. 10/11;
 - corso di “Modelli Probabilistici e Statistici” per il Corso di Laurea triennale in Matematica, a.a. 11/12;
 - corso di Equazioni differenziali stocastiche e semigruppri markoviani (II modulo) per il Corso di Dottorato in Matematica e Statistica, a.a. 12/13, 14/15;
 - esercitazioni per il corso di Elementi di Probabilità per il Corso di Laurea in Matematica, a.a. 14/15;
 - corso di Finanza Matematica per il Corso di Laurea Magistrale in Matematica a.a. 12/13, 13/14,14/15,15/16, 16/17.
- Presso il Dipartimento di Matematica dell’Università di Pavia, ho anche seguito, in veste di relatore, diverse tesi per il corso di Laurea in Matematica.

SOGGIORNI ALL’ESTERO

Da giugno 2000 a gennaio 2001 - École Nationale des Ponts et Chaussées (Marne-la-Vallée, Paris), sotto la guida del Prof. Bernard Lapeyre. In questo periodo ho anche seguito alcuni corsi organizzati dal DEA di Analyse et Systèmes Aléatoires dell’Università di Marne La Valle.

Giugno 2002 - École Nationale des Ponts et Chaussées Marne-la-Vallée, Paris.

Aprile 2005 - Università UAM Iztapalapa di Città del Messico, ospite del Professor Roberto Quezada.

Agosto 2007 - Università UAM Iztapalapa di Città del Messico, per collaborazione con i Professori Roberto Quezada e Julio Garcia.

1–3 Aprile 2014 - Université Paris-Sud, per collaborazione con Yan Pautrat.

15–17 Luglio 2014 - Université Paris-Sud, per collaborazione con Yan Pautrat.

30 Aprile – 10Maggio 2016 - Università UAM Iztapalapa di Città del Messico.

20–24 Giugno 2016 - Accademia delle Scienze di Bratislava, per collaborazione con Anna Jencova.

PARTECIPAZIONE A CONGRESSI E SCUOLE (DAL 2007)

- International Workshop on Quantum probability and its applications, Campobasso, 13–16 maggio 2007;
- 10th Workshop Noncommutative Harmonic Analysis, Bedlewo (Poland), 6–12 agosto 2007;
- 28th Conference on Quantum Probability and Related Topics, 2-9 settembre 2007, Guanajuato (Messico);
- ESF Exploratory Workshop on Dissipative Systems: Entropy Methods, Classical and Quantum Probability, 1–3 novembre 2010, Vienna University of Technology, Austria;
- workshop “Hypercontractivity and logarithmic Sobolev inequalities for quantum Markov semigroups”, 31 ottobre–2 novembre 2011, Genova;

- workshop Non-commutative Analysis, 23–27 gennaio 2012, Imperial College, Londra;
- 33th Conference on Quantum Probability and Related Topics, Luminy (France), October 1- 5, 2012;
- Lyon-Milan meeting, Lione (France), 11–13 febbraio 2013;
- workshop on Decoherence and Quantum Tomography, Genova, 26–28 giugno 2013;
- summer school-workshop “Advances in Quantum Open Systems”, Autrans (near Grenoble, France), 8–19 luglio 2013;
- Noncommutative Workshop, 9-12 September 2013, Krakow, Poland;
- “Stochastic Partial Differential Equations and Applications IX” Levico, 6–11 gennaio 2014;
- Milano-Lyon meeting, Milano, 27–29 gennaio 2014;
- Conference in Honour of the 60th Birthday of Dominique Bakry, Toulouse, 8–12 dicembre 2014;
- 51 Winter School of Theoretical Physics “Irreversible dynamics”, Ladek Zdroj (Polonia), 9–14 febbraio 2015;
- Hypercontractivity and Log Sobolev Inequalities in Quantum Information Theory, Banff (Canada), 22–27 febbraio 2015;
- second workshop “QMSs: Decoherence and Empirical Estimates”, Genova, 29 giugno – 1 luglio 2015;
- Noncommutative Workshop, Cracovia, 20–25 settembre 2015.

SEMINARI AD INVITO (DAL 2007)

- International Workshop on Quantum probability and its applications, Campobasso, 13-16 maggio 2007;
- 10th Workshop Noncommutative Harmonic Analysis, Bedlewo (Poland), 6-12 agosto 2007;
- 28th Conference on Quantum Probability and Related Topics, 2-9 settembre 2007, Guanajuato (Messico);
- ESF Exploratory Workshop on Dissipative Systems: Entropy Methods, Classical and Quantum Probability, 1–3 novembre 2010, Vienna University of Technology, Austria;
- workshop “Hypercontractivity and logarithmic Sobolev inequalities for quantum Markov semigroups”, 31 ottobre–2 novembre 2011, Genova;
- workshop dal titolo “Non-commutative Analysis”, (dove ho tenuto il mini-corso “Quantum Markov semigroups and hypercontractivity”), 23–30 gennaio 2012, Imperial College, Londra;
- 33th Conference on Quantum Probability and Related Topics, Luminy (France), October 1- 5, 2012;
- Lyon-Milan meeting, Lione (France), 11–13 febbraio 2013;
- summer school-workshop “Advances in Quantum Open Systems”, Autrans (near Grenoble, France), 8–19 luglio 2013;
- Noncommutative Workshop, 9-12 September 2013, Krakow, Poland;
- 51 Winter School of Theoretical Physics “Irreversible dynamics”, Ladek Zdroj (Polonia), 9–14 febbraio 2015;
- Noncommutative Workshop, Cracovia, 20–25 settembre 2015;
- Taller Internacional de Analisis Matemtico y sus Aplicaciones, México City, May 2-3, 2016, con un seminario dal titolo Decoherence-free algebra and environmental decoherence.

PARTECIPAZIONE A GRUPPI DI RICERCA

- PRIN 2002 “Impiego di metodi non parametrici nell’inferenza bayesiana”
- PRIN 2005 “SEMIGRUPPI MARKOVIANI, EQUAZIONI DIFFERENZIALI STOCASTICHE QUANTISTICHE E APPLICAZIONI ”
- PRIN 2007 “Sistemi aperti quantistici: equazioni di evoluzione, osservazione e guadagno d’informazione”

- FIRB 2010 “Quantum Markov Semigroups and their empirical estimation”
- PRIN 2010-2011 “Problemi differenziali di evoluzione: approcci deterministici e stocastici e loro interazioni”
- Programma Esecutivo di cooperazione scientifica e tecnologica tra Italia e Messico per gli anni 2007–2009 e 2011–2013
- Responsabile del progetto Gnampa 2011 Decoerenza e ipercontrattivit per evoluzioni markoviane quantistiche.
- Responsabile del progetto Gnampa 2013 “Evoluzioni quantistiche markoviane”.
- Responsabile del progetto Gnampa2014 “Semigrupperi markoviani su algebre non commutative”.
- Responsabile del progetto GNAMPA2015 “Processi markoviani in spazi non commutativi”.
- Responsabile del progetto GNAMPA2017 “Semigrupperi markoviani e passeggiate aleatorie su spazi non commutativi”.

ARTICOLI PUBBLICATI

- R. Carbone; Sasso, E.; Umanit, V.. Structure of generic quantum Markov semigroup. To appear in *Infin. Dimens. Anal. Quantum Probab. Relat. Top.* .
- Bolaos-Servin, Jorge R.; R. Carbone; Quezada, Roberto. On reducibility and spectral properties of circulant Markov processes. *Statistics and Probability Letters* (2017).
- R. Carbone; Pautrat, Y. Irreducible decompositions and stationary states of quantum channels. *Rep. Math. Phys.* 77 (2016), no. 3, 293313.
- R. Carbone; Pautrat, Y. Open quantum random walks: reducibility, period, ergodic properties. *Ann. Henri Poincar* 17 (2016), no. 1, 99135.
- R. Carbone; Sasso, E.; Umanit, V. Environment induced decoherence for Markovian evolutions. *J. Math. Phys.* 56 (2015), no. 9, 092704, 22 pp.
- R. Carbone; Pautrat, Y. Homogeneous open quantum random walks on a lattice. *J. Stat. Phys.* 160 (2015), no. 5, 11251153.
- R. Carbone; Martinelli, A. Logarithmic Sobolev inequalities in non-commutative algebras. *Infin. Dimens. Anal. Quantum Probab. Relat. Top.* 18 (2015), no. 2, 1550011, 30 pp.
- Bolaos-Servin, Jorge R.; R. Carbone Spectral properties of circulant quantum Markov semigroups. *Open Syst. Inf. Dyn.* 21 (2014), no. 4, 1450007, 18 pp.
- R. Carbone; Sasso, E.; Umanit, V. Ergodic quantum Markov semigroups and decoherence. *J. Operator Theory* 72 (2014), no. 2, 293312.
- R. Carbone; Sasso, E.; Umanit, V. On the asymptotic behavior of generic quantum Markov semigroups. *Infin. Dimens. Anal. Quantum Probab. Relat. Top.* 17 (2014), no. 1, 1450001, 18 pp.
- R. Carbone; Sasso, E.; Umanit, V. Decoherence for quantum Markov semi-groups on matrix algebras. *Ann. Henri Poincar* 14 (2013), no. 4, 681697.
- R. Carbone, E. Sasso, V. Umanità, Decoherence for positive semigroups on $M_2(C)$, *Journal of Mathematical Physics* Vol.52, Issue 3 (2011).
- R. Carbone, B. Ferrario, M.Santacroce; “Backward Stochastic Differential Equations driven by càdlàg martingales, *Theory of probability and its Applications* 52 (2008), no.2, 304–314.

- R. Carbone, E.Sasso; “Hypercontractivity for a Quantum Ornstein-Uhlenbeck Semigroup, Probability Theory and Related Fields 140 (2008), no.3-4, 505–522.
- R. Carbone, F. Fagnola, J.C. Garcia, R. Quezada, “Spectral properties of the two-photon absorption and emission process”, J. Math. Phys. 49 (2008), no. 3.
- R. Carbone, F. Fagnola, S. Hachicha; “Generic quantum Markov semigroups: the Gaussian gauge invariant case, Open Systems and Information Dynamics 14 (2007), no.4, 425–444.
- R. Carbone; “Binomial approximation of Brownian Motion and its Maximum”, Statistics and Probability Letters 69 (2004), no.3, 271–285.
- R. Carbone; “Optimal log-Sobolev inequality and hypercontractivity for semigroups on $M_2(C)$ ”, Infinite Dimensional Analysis Quantum Probability and Related Topics 7 (2004), no.3, 317–335.
- R. Carbone, F. Fagnola; “The Feller property of a class of Quantum Markov Semigroups II”, Quantum Probability and Infinite Dimensional Analysis, QP–PQ: Quantum Probability and White Noise Analysis. Proceedings of the Conference, Burg, Germany 15 - 20 March 2001, World Sci. Publ., River Edge, NJ (2003), 57–76.
- R. Carbone, F. Fagnola; “Exponential ergodicity of classical and quantum Markov birth and death semigroups”, International conference on stochastic analysis and applications, Hammamet, Tunisia, 2001 (Kluwer Academic Press).
- R. Carbone, F. Fagnola; “The Feller property of a class of Quantum Markov Semigroups”, Proceedings del VI Simposio de Probabilidad y Procesos Estocasticos, Guanajuato (Messico), 23-27 maggio 2000, satellite meeting del 5th World Congress of the Bernoulli Mathematical Society.
- R. Carbone; “Exponential L2-convergence of some quantum Markov semigroups related to birth-and-death processes”, atti del convegno Stochastic Analysis and Mathematical Physics, ANE-STOC’98, Birkhauser, 2000.
- R. Carbone, F. Fagnola; “Exponential L2-convergence of quantum Markov semigroups on $B(\mathfrak{h})$ ”, R. Carbone e F. Fagnola, (Russian) Mat. Zametki 68 (2000), no. 4, 523–538; translation in Math. Notes 68 (2000), no. 3-4, 452–463.

ARGOMENTI DI RICERCA

La mia attività di ricerca si è rivolta principalmente allo studio dei semigruppini markoviani quantistici (QMS) (semigruppini markoviani definiti su algebre di operatori), con particolare attenzione a problemi relativi alle proprietà asintotiche.

Ho studiato alcune proprietà di base per classi notevoli di QMS, quali la costruzione del semigruppino minimale a partire dalla forma di Lindblad del generatore, la conservatività, l’esistenza di stati invarianti, la contrattività rispetto a diverse norme L^p e la proprietà di Feller relativa ad opportune sottoalgebre del dominio.

Sono stati elaborati metodi di stima e/o valutazione del gap spettrale per alcune classi notevoli di semigruppini, ad esempio per una generalizzazione non-commutativa dei semigruppini di nascita e morte, per i cosiddetti semigruppini con generatore non-generico (descritti ad esempio in [1]) o per una famiglia di modelli che appaiono nello studio di fenomeni luminosi quantistici (“two-photon absorption and emission”). Mi sono dedicata anche allo studio dell’ipercontrattività, ottenendo qualche risultato per un semigruppino di Ornstein-Uhlenbeck quantistico e per semigruppini definiti sull’algebra delle matrici 2×2 , essenzialmente seguendo l’impostazione introdotta da Olkiewicz e Zegarlinsky in [5].

Negli ultimi anni un tema centrale è stato lo studio della “decoerenza” per evoluzioni dinamiche quantistiche, con particolare attenzione sempre al caso markoviano. Nonostante tale fenomeno sia diffusamente studiato dal punto di vista fisico ([8] e relativa bibliografia) e sia di estremo interesse per molte applicazioni, lo studio matematico è ancora inadeguato. L’idea intuitiva di tale fenomeno è che, per tempi lunghi, le matrici densità del sistema diventano diagonali a blocchi rispetto ad un’opportuna base. Da questo nasce la definizione di decoerenza proposta in [4] e [2] da Blanchard ed Olkiewicz, cioè decomporre l’algebra su cui agisce il semigruppò nella somma diretta di due sottospazi invarianti, $\mathcal{B}(h) = \mathcal{M}_1 \oplus \mathcal{M}_2$, tali che la dinamica sia unitaria su \mathcal{M}_1 (settore privo di decoerenza) e si annulli nel tempo su \mathcal{M}_2 . Una definizione matematica alternativa di decoerenza è stata elaborata da Rebolledo ([6, 7]). Alcuni risultati su questo approccio sono stati ottenuti per il caso finito dimensionale markoviano (si veda ad esempio [3]).

Più recentemente, ho avviato lo studio di alcune proprietà fondamentali delle catene di Markov quantistiche: riducibilità, periodo, struttura degli spazi invarianti. Questi problemi sono stati affrontati a partire dal caso particolare delle passeggiate aperte quantistiche introdotte da Attal et al. (Journal of Statistical Physics, 2012), per poi passare al caso generale: abbiamo studiato la nozione di riducibilità per un processo quantistico e descritto la decomposizione del supporto degli stati invarianti di un canale quantistico come somma diretta di supporti di stati invarianti estremali.

Altri temi di ricerca:

- problemi analoghi a quelli descritti sopra (disuguaglianze di log-Sobolev e gap spettrale), ma affrontati per semigruppò classici di nascita e morte;
- algoritmi per la valutazione di opzioni esotiche in un modello di Black e Scholes tramite metodi di approssimazione binomiale;
- esistenza e unicità delle soluzioni per equazioni differenziali stocastiche retrograde guidate da martingale.

Bibliografia

- [1] L. Accardi, S. Kozyrev, *Quantum interacting particle systems (Trento, 2000)*, *QP-PQ: Quantum Probab. White Noise Anal.* 14, World Sci. Publishing, River Edge, NJ, 2002.
- [2] Ph. Blanchard, R. Olkiewicz, *Rev. Math. Phys.* 15, 2003.
- [3] R. Carbone, E. Sasso, V. Umanità, *J. Math. Phys.* 52, 2011.
- [4] R. Olkiewicz, *Ann. Phys.* 286, 2000.
- [5] R. Olkiewicz and B. Zegarlinsky, *J. Funct. Anal.* 161, 1999.
- [6] R. Rebolledo, *Ann. I. H. Poincarè* 41, 2005.
- [7] R. Rebolledo, *Open Sys. and Information Dyn.* 12, 2005.
- [8] W. H. Zurek, *Rev. Mod. Phys.* 75, 2003.