

Curriculum scientifico e didattico

Raffaella Carbone

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.

STUDI UNIVERSITARI E POST-UNIVERSITARI/TITOLI

- Laurea in Matematica conseguita presso l'Università degli Studi di Genova il 12 giugno 1996 con votazione 110/110 e lode;
- 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";
- Abilitazione Scientifica Nazionale per la funzione di professore di II fascia nel settore concorsuale 01/A3, 28 marzo 2017;
- Abilitazione Scientifica Nazionale per la funzione di professore di I fascia nel settore concorsuale 01/A3, 10 maggio 2019.

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 "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;
- 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, 17/18,18/19;
- modulo di Statistica nell’ambito del corso di “Complementi di Analisi Matematica e Statistica” per il Corso di Laurea in Ingegneria, a.a. 17/18.

Attività didattica per corsi post-laurea

- corso di “Introduzione ai Processi Stocastici”, per il Dottorato in Matematica e Statistica , a.a. 04/05;
- 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;
- corso (reading) “Quantum Markov processes” per la Scuola di Dottorato in Matematica Pavia-Bicocca, a.a. 17/18.

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 (una vecchio ordinamento, 13 di Laurea triennale, 6 di laurea Specialistica o Magistrale). Ho inoltre seguito alcune tesi esterne come correlatore (in collaborazione con i corsi di Laurea in Ingegneria ed Economia).

Sono attualmente tutore di due studenti della Scuola di Dottorato in Matematica del consorzio INDAM - Milano Bicocca - Pavia.

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 Vallée.

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

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

Agosto 2007 - Università UAM Izatapalapa 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 Izatapalapa di Città del Messico.

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

8–21 Aprile 2018 - Varsavia - Banach Center - partecipazione su invito al Simons Semester (semestre di ricerca dal titolo “PDEs/SPDEs and Functional Inequalities”).

12–15 novembre 2018 - Accademia delle Scienze di Bratislava, per collaborazione con Anna Jencova.

27 gennaio – 1 febbraio 2019 - Università di Al Ain (Emirati Arabi Uniti), per collaborazione con Farrukh Mukhamedov.

19–21 giugno 2019 - Imperial College (Londra) - per collaborazione con Boguslaw Zegarliniski.

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”, Łódź (Polonia), 9–14 febbraio 2015;
- Hypercontractivity and Log Sobolev Inequalities in Quantum Information Theory, organizzato dal BIRS (Banff International Research Station), 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;
- Taller Internacional de Analisis Matematico y sus Aplicaciones, México City, May 2-3, 2016;
- Workshop on “Open Quantum Walks”, November 27 - December 1, 2017, in Durban, South Africa;
- “39th International Conference on Quantum Probability and Infinite Dimensional Analysis”, Levico Terme, October 15-19, 2018;
- “Summer School: Topics in Quantum Probability”, Genova, 1–3 luglio 2019.

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; lezione dal titolo Quantum markovian evolutions;
- Noncommutative Workshop, Cracovia, 20–25 settembre 2015, seminario dal titolo “Irreducible decompositions and stationary states of quantum channels”;
- 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;
- Science Academy, Bratislava, seminario dal titolo “Decoherent markovian evolutions on non-commutative algebras”, 23 giugno 2016;
- Workshop on Open Quantum Walks, November 27 - December 1, 2017, in Durban, South Africa; seminario dal titolo “Irreducible decompositions, stationary states and asymptotic results for open quantum random walks”.
- “39th International Conference on Quantum Probability and Infinite Dimensional Analysis”, Levico Terme, October 15-19, 2018; seminario dal titolo “Stationary states and irreducibility for open quantum random walks”.
- “Stable subspaces and cyclic decomposition of a quantum channel”, presso Imperial College (Londra), 20 giugno 2019,

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”.

ESPERIENZE PROFESSIONALI LEGATE ALL’ATTIVITÀ DI RICERCA

- Organizzazione del convegno Quantum Markov Semigroups: Decoherence and empirical estimates, Genova, dal 26-06-2013 al 28-06-2013
- Organizzazione del convegno Quantum Markov Semigroups: Decoherence and empirica estimates II, Genova, dal 29-06-2015 al 01-07-2015
- Organizzazione di alcuni seminari di probabilità classica e quantistica presso il Dipartimento di Matematica dell’Università di Pavia.

- Referee per alcune riviste internazionali del settore, quali *Annales Henri Poincaré*, *Annals of Functional Analysis*, *Infinite Dimensional Analysis quantum Probability and Related Fields*, *Journal of Statistical Physics*, *Mathematical Finance*.

ARTICOLI PUBBLICATI O DI PROSSIMA PUBBLICAZIONE

- R. Carbone, A. Jencova, On period, cycles and fixed points of a quantum channel, arXiv:1905.00857.
- J. R. Bolaos-Servin; R. Carbone; R. Quezada; Structure and block representation for circulant quantum processes. Accepted for publication in *Infin. Dimens. Anal. Quantum Probab. Relat. Top.*.
- J. R. Bolaos-Servin; R. Carbone; R. Quezada; On reducibility and spectral properties of circulant Markov processes. *Statistics and Probability Letters* (2017).
- R. Carbone; E. Sasso; V. Umanità, Structure of generic quantum Markov semigroup. *Infin. Dimens. Anal. Quantum Probab. Relat. Top.*, vol. 20, 1750012 (2017).
- R. Carbone; Y. Pautrat; Irreducible decompositions and stationary states of quantum channels. *Rep. Math. Phys.* 77 (2016), no. 3, 293313.
- R. Carbone; Y. Pautrat; Open quantum random walks: reducibility, period, ergodic properties. *Ann. Henri Poincaré* 17 (2016), no. 1, 99135.
- R. Carbone; E. Sasso; V. Umanità, Environment induced decoherence for Markovian evolutions. *J. Math. Phys.* 56 (2015), no. 9, 092704, 22 pp.
- R. Carbone; Y. Pautrat; 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; E. Sasso; V. Umanità, Ergodic quantum Markov semigroups and decoherence. *J. Operator Theory* 72 (2014), no. 2, 293312.
- R. Carbone; E. Sasso; V. Umanità, 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; E. Sasso; V. Umanità, Decoherence for quantum Markov semi-groups on matrix algebras. *Ann. Henri Poincaré* 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 L_2 -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 L_2 -convergence of quantum Markov semigroups on $B(h)$ ”, 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.

BREVE DESCRIZIONE DEGLI 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 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 (R. Olkiewicz and B. Zegarlinsky, *J. Funct. Anal.* 161, 1999).

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 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 da P. Blanchard e R. Olkiewicz, cioè decomporre l'algebra su cui agisce il semigruppone 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 (R. Rebolledo, Ann. I. H. Poincaré 41, 2005). Il tema della decoerenza è stato centrale per la collaborazione con Emanuela Sasso, Veronica Umanità, e, più recentemente, con Anna Jencova (Bratislava).

Inoltre, in particolare in collaborazione con Yan Pautrat, mi sono dedicata allo 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:

- disuguaglianze funzionali per semigruppone 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.

Attuali temi di ricerca:

- algebra priva di decoerenza, spazio dei punti fissi e problemi di assorbimento per canali quantistici, in collaborazione con Anna Jencova (Bratislava) e Federico Girotti (Pavia);
- semigruppone markoviani quantistici con struttura circolante, in collaborazione con Jorge Bolanos e Roberto Quezada (UAM, México City);
- disuguaglianze funzionali per semigruppone markoviani classici e quantistici, in collaborazione con Boguslaw Zegarlinski (Londra).

Pavia, 29 luglio 2019

Raffaella Carbone