 ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA	DIPARTIMENTO di MATEMATICA	Pag. 1/9
	SUA-RD Quadro B1b GRUPPI DI RICERCA DEL DIPARTIMENTO	Rev. 02 07/11/2018

### Linee guida per la composizione dei gruppi di ricerca

I gruppi di ricerca vengono individuati sulla base degli interessi comuni dei partecipanti al gruppo, riguardanti tematiche coerenti.

### **Combinatoria algebrica e applicazioni**

Rappresentazioni di superalgebre di Lie. Metodi superalgebrici, rappresentazioni esplicite, immanenti quantici.

Gruppi di Coxeter e gruppi generati da pseudoriflessioni.

Sottogruppi verbali nei gruppi (in particolare gruppi profiniti e residualmente finiti).

Combinatoria delle permutazioni e dei cammini nel piano ad esse associati.

Componenti:

Marilena Barnabei, Andrea Brini, Nicoletta Cantarini, Fabrizio Caselli, Luca Moci, Marta Morigi, Francesco Regonati.

Collaboratori: assegnisti/dottorandi: Paolo Sentinelli.

### **Algebra commutativa e geometria algebrica classica**

Studio di curve piane razionali e di loro singolarità in relazione allo spezzamento del fibrato tangente del piano sulla normalizzazione della curva e allo studio della risoluzione minimale di ideali di schemi zero-dimensionali. Utilizzo delle varietà delle secanti di curve razionali normali per lo studio delle singolarità delle curve razionali piane date mediante parametrizzazione.

Applicazioni della teoria della molteplicità e della teoria di intersezione alla geometria algebrica classica (singolarità, calcolo del grado di varietà delle secanti, calcolo del numero dei punti doppi apparenti di superficie, ecc) anche utilizzando strumenti di computer algebra.

Componenti:

Mirella Manaresi, Alessandro Gimigliano, Monica Idà.

### **Geometria delle varietà**


Studio delle varietà, in particolar modo complesse e algebriche, e alcune loro generalizzazioni quali le supervarietà, dai vari punti di vista, algebrico, topologico, differenziale.

Particolare enfasi è posta sugli spazi di moduli, le varietà HyperKähler, gli spazi costruiti a partire da gruppi o supergruppi di Lie.

Componenti:

Luca Migliorini, Rita Fioresi, Emanuele Latini, Luca Moci, Giovanni Mongardi.

Collaboratori: assegnisti/dottorandi: Annalisa Grossi.

 ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA	DIPARTIMENTO di MATEMATICA	Pag. 2/9
	SUA-RD Quadro B1b GRUPPI DI RICERCA DEL DIPARTIMENTO	Rev. 02 07/11/2018

### **Topologia geometrica e computazionale**

Studio di varietà in bassa dimensione e di nodi/link in 3-varietà mediante metodi topologici, algebrici, combinatorici e geometrici. Studio di spazi di moduli di strutture geometriche. Metodi omologici, combinatorici e metrici per la topologia computazionale e l'analisi topologica dei dati.

Componenti:

Michele Mulazzani, Alessia Cattabriga, Massimo Ferri, Stefano Francaviglia, Patrizio Frosini.

#### **Didattica della matematica**

La geometria non euclidea come appoggio per la didattica della geometria euclidea (e annessa sperimentazione nazionale);

Problematiche relative all'insegnamento/apprendimento della geometria con le tecnologie;

Il ruolo di corpo e movimento nell'insegnamento/apprendimento della matematica.

Componenti:

Silvia Benvenuti, Piero Plazzi.

### **Analisi geometrica su gruppi di Carnot**

Il gruppo si articola sulle seguenti attività di ricerca: studio della regolarità di distanze subRiemanniane e struttura del cut locus in gruppi di Carnot; stime a priori per complessi di forme differenziali su gruppi di Carnot; teoria geometrica della misura su gruppi di Carnot; distanze di controllo di Carnot-Carathéodory associate a famiglie di campi vettoriali a coefficienti poco regolari.

Componenti:

Bruno Franchi, Annalisa Baldi, Fausto Ferrari, Maria Manfredini, Annamaria Montanari, Daniele Morbidelli, Giovanna Citti, Eleonora Cinti.

Collaboratori: assegnisti/dottorandi: Giammarco Giovannardi; esterni: Pierre Pansu, Zoltán Balogh, Raul Serapioni, Marco Marchi, Francesco Serra Cassano, Kevin Wildrick, Manuel Ritoré.

### **Metodi di analisi funzionale per lo studio di equazioni differenziali**


Il gruppo si occupa di equazioni differenziali astratte, anche degeneri, calcolo funzionale e applicazione dei metodi dell'analisi funzionale a equazioni alle derivate parziali, in particolare a problemi inversi per equazioni differenziali e integrodifferenziali.

Componenti:

Giovanni Dore, Davide Guidetti.

### **Analisi geometrica nello spazio delle fasi di equazioni alle derivate parziali**

Il gruppo si articola sulle seguenti attività di ricerca: ipoelettricità analitica per somme di quadrati di campi; risolubilità locale e globale di operatori degeneri ed a caratteristiche multiple; stime a priori di quasi positività (Fefferman-Phong, Melin, Hörmander) per sistemi di operatori

 ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA	DIPARTIMENTO di MATEMATICA	Pag. 3/9
	SUA-RD Quadro B1b GRUPPI DI RICERCA DEL DIPARTIMENTO	Rev. 02 07/11/2018

pseudodifferenziali; problema di Cauchy per operatori debolmente iperbolici in presenza di transizioni della geometria delle bicaratteristiche; buona posizione del problema di Cauchy per operatori a caratteristiche reali; equazioni di Hamilton-Jacobi del primo ordine e propagazione delle singolarità lungo le caratteristiche generalizzate.

Componenti:

Antonio Bove, Alberto Parmeggiani, Massimo Cicognani, Paolo Albano, Marco Mughetti.

Collaboratori: assegnisti/dottorandi: Serena Federico; esterni: Piermarco Cannarsa, David Tartakoff, Michael Reissig, Wei-Xi Li.

### **Proprietà di operatori subellittici**

Il gruppo si articola sulle seguenti attività di ricerca: Stime di Schauder per il sub-laplaciano in gruppi di Carnot; regolarità al bordo per operatori subellittici; esistenza di soluzioni fondamentali globali per alcune classi di operatori subellittici; disuguaglianze di Harnack globali ed invarianti per classi di operatori subellittici in forma di divergenza; disuguaglianze di tipo Harnack per operatori subellittici in forma di non-divergenza; equazioni di Monge-Ampère subellittiche su gruppi di Lie.

Componenti:

Annalisa Baldi, Giovanna Citti, Fausto Ferrari, Maria Manfredini, Giovanni Cupini, Francesco Uguzzoni, Andrea Bonfiglioli, Annamaria Montanari, Vittorio Martino, Daniele Morbidelli.

Collaboratori: assegnisti/dottorandi: Chiara Guidi.

### **Analisi armonica**

Il gruppo svolge attività di ricerca su teoria del potenziale sul bi-disco; sottospazi di spazi metrici Ahlfors-regolari che sono a loro volta Ahlfors-regolari; forme di Hankel, misure di Carleson e dualità  $H^1$ -BMO in una variabile quaternionica.

Componenti:

Nicola Arcozzi.


Collaboratori: assegnisti/dottorandi: Nicholas Chalmoukis, Matteo Levi  
esterni: Pavel Mozolyako, Karl-Mikael Perfekt.

### **Modelli matematici in medicina e fisiologia**

Il gruppo svolge attività di ricerca nell'ambito dei modelli matematici della progressione dell'Alzheimer e nella modellazione matematica della corteccia visiva tramite tecniche di analisi sub-riemanniana.

Componenti:

Bruno Franchi, Maria Carla Tesi, Giovanna Citti.

 ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA	DIPARTIMENTO di MATEMATICA	Pag. 4/9
	SUA-RD Quadro B1b GRUPPI DI RICERCA DEL DIPARTIMENTO	Rev. 02 07/11/2018

Collaboratori: assegnisti/dottorandi: Emre Baspinar; esterni: Michiel Bertsch, Norina Marcello, Andrea Tosin, Silvia Lorenzani, Alessandro Sarti, Jerome Ribot, Davide Barbieri.

### **Teoria spettrale**

Il gruppo si articola sulle seguenti attività di ricerca: analisi spettrale di sistemi di equazioni a coefficienti polinomiali e proprietà delle relative funzioni zeta spettrali; analisi semiclassica dello pseudospettro di operatori ipoellittici che perdono molte derivate; struttura semiclassica di funzioni d'onda di hamiltoniane quantistiche su tori piatti in termini di tori KAM deboli; sistemi hamiltoniani integrabili, sistemi isospettrali.

Componenti:

Alberto Parmeggiani, Simonetta Abenda.

Collaboratori esterni: Masato Wakayama, Karel Pravda-Starov, Lorenzo Zanelli, Petr Grinevich, Marco Bertola, Tamara Grava, Christian Klein.

### **Proprietà di operatori ellittici lineari e non lineari**

Il gruppo si articola sulle seguenti attività di ricerca: proprietà di media per il laplaciano (e sublaplaciani); esistenza e regolarità di soluzioni di sistemi di equazioni alle derivate parziali e funzioni del calcolo delle variazioni; proprietà di regolarità della frontiera libera in problemi a due fasi per operatori ellittici (e parabolici) lineari e non lineari; proprietà degli operatori ellittici (e subellittici) non locali di tipo frazionario; regolarità delle soluzioni viscosse di operatori degeneri non lineari ( $p$ -laplaciano, flusso medio di curvatura); proprietà geometriche delle soluzioni di operatori non lineari del tipo secondo operatore hessiano e bi-laplaciano.

Componenti:

Giovanni Cupini, Fausto Ferrari, Bruno Franchi, Giovanna Citti, Eleonora Cinti.

Collaboratori: assegnisti/dottorandi: Andrea Pinamonti; esterni: Paolo Marcellini, Elvira Mascolo, Sandro Salsa, Daniela De Silva, Qing Liu, Juan Manfredi, Ireneo Peral, Ermanno Lanconelli, Luca Capogna, Isabella Birindelli, Italo Capuzzo Dolcetta.


### **Probabilità e applicazioni alla Finanza ed alla Fisica Quantistica**

Il gruppo si articola sulle seguenti attività di ricerca: equazioni differenziali stocastiche ed ipoellittiche; modellazione stocastica di mercati finanziari; passeggiate aleatorie su grafi diretti aleatori; modello di Ising quantistico con campo magnetico trasverso.

Componenti:

Massimo Campanino, Andrea Pascucci, Andrea Cosso.

Collaboratori: assegnisti/dottorandi: Gianluca Bosi; esterni: Michele Gianfelice, Stefano Pagliarani, Matthew Lorig, Carlos Vásquez Cendón.

 ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA	DIPARTIMENTO di MATEMATICA	Pag. 5/9
	SUA-RD Quadro B1b GRUPPI DI RICERCA DEL DIPARTIMENTO	Rev. 02 07/11/2018

### **Meccanica dei continui**

Il gruppo svolge attività di ricerca nei seguenti ambiti: modello viscoelastico di tipo Johnson-Segalman, aspetti reologici e formulazione matematica del problema; materiali con struttura: piastre e mezzi porosi; termodinamica per modelli di piastra elastica, viscoelastica e termoplastica: risultati di stabilità asintotica; fenomeni di dissipazione interna per mezzi termo-poro-elastici e risultati di stabilità per problemi evolutivi nello spazio tridimensionale; stabilità delle soluzioni dell'equazione del calore e compatibilità con i principi termodinamici per modelli dual-phase-lag per conduttori rigidi. termomeccanica per modelli reologici a derivate frazionarie; modelli tipo Cahn-Hilliard in condizioni non isothermiche nell'ambito della teoria classica e o teorie alternativa del tipo Cattaneo e Green-Nagdi, applicazioni in problemi di inquinamento ambientale e angiogenesi.

Componenti:

Barbara Lazzari, Franca Franchi, Roberta Nibbi.

### **Meccanica Statistica e Applicazioni**

Il gruppo si occupa di meccanica statistica dei sistemi disordinati studiando modelli, sia classici che quantistici, che contengono interazioni deterministiche ed aleatorie. In particolare si interessa dei modelli di vetro di spin sia in geometrie finito dimensionali che nella versione di campo medio, di modelli di monomero-dimero con interazioni a cuore-duro e interazioni attrattive.

Tra le applicazioni il gruppo si occupa sia di analisi dei dati che provengono dalle scienze sociali ed economiche che del loro accordo coi modelli. Come casi di studio il gruppo ha lavorato sui problemi di integrazione nei flussi migratori e su quelli di programmi medici di screening.

Componenti:

Pierluigi Contucci, Emanuele Mingione.

Collaboratori: assegnisti/dottorandi: Diego Alberici.

### **Applicazioni dell'analisi microlocale alla fisica matematica.**


Esistenza e localizzazione di risonanze quantistiche; stime sul tempo di vita di molecole metastabili; evoluzione a tempo lungo di sistemi molecolari instabili; studio matematico del risonatore di Helmholtz.

Componenti: Andre' Martinez

Collaboratori: Vania Sordani, Alain Grigis, Thomas Duyckaertz, Setsuro Fujiie, Takuya Watanabe, Philippe Briet

### **Teoria delle perturbazioni e analisi spettrale in meccanica quantistica.**

Il gruppo svolge attività di ricerca nei seguenti ambiti: analisi spettrale per operatori PT-simmetrici non auto-aggiunti di interesse in meccanica quantistica, con tecniche di teoria delle perturbazioni; criteri per la realtà dello spettro; rottura spontanea della PT-simmetria e autovalori a valori complessi.

 ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA	DIPARTIMENTO di MATEMATICA	Pag. 6/9
	SUA-RD Quadro B1b GRUPPI DI RICERCA DEL DIPARTIMENTO	Rev. 02 07/11/2018

Componenti: Emanuela Caliceti  
 Collaboratori esterni: Sandro Graffi

### **Propagazione ondosa non-lineare e termodinamica del non-equilibrio**

Il gruppo si occupa di tematiche legate alla propagazione ondosa non lineare e alla termodinamica del non-equilibrio ed ha ottenuto in entrambi i campi risultati assai rilevanti in ambito fisico-matematico. La problematica matematica si inserisce nelle equazioni alle derivate parziali non-lineari di tipo iperbolico di leggi di bilancio. In questo ambito i componenti del Gruppo hanno ottenuto risultati molto interessanti che vanno dalla simmetrizzazione del sistema differenziale a teoremi di esistenza globale di soluzioni smooth per dati iniziali piccoli ed a proprietà qualitative delle onde d'urto e della struttura di onde d'urto.

Per quanto riguarda gli aspetti della modellizzazione della Termodinamica estesa uno dei partecipanti al gruppo (TR) è uno dei fondatori della teoria con due libri della Springer molto citati (I. Mueller & T. Ruggeri "Rational Extended Thermodynamics" (1993-1998) e T. Ruggeri & M. Sugiyama, "Rational Extended Thermodynamics beyond the monatomic gas" (2015)). Recentemente si sono ottenuti risultati molto significativi nel caso dei gas poliatomici e gas densi con una validazione a livello mesoscopico con la teoria cinetica e un perfetto accordo tra teoria e dati sperimentali. Gli studi prevedono tecniche sia analitiche sia numeriche.

Componenti:  
 Augusto Muracchini, Leonardo Seccia, Francesca Brini, Andrea Mentrelli.

### **Sistemi dinamici e applicazioni**

Il gruppo si occupa di una gamma di argomenti che rientrano nel campo delle dinamica e delle sue applicazioni, fra cui:


teoria ergodica, in particolare teoria ergodica infinita, e proprietà stocastiche dei sistemi dinamici;  
 biliardi, in particolare biliardi iperbolici;  
 processi stocastici (cammini aleatori in ambienti aleatori, ecc);  
 applicazioni a sistemi di interesse fisico e non (gas di Lorentz, trasporto anomalo, modelli di diffusione).

Componenti: Marco Lenci

Collaboratori esterni: Giampaolo Cristadoro, Sara Munday.

### **Modellazione ed elaborazione geometrica**

Il gruppo si occupa degli aspetti matematici e numerici che sorgono nel rappresentare, analizzare ed estrarre informazioni geometriche di una forma utilizzabili in varie applicazioni ingegneristiche, come per esempio, nella progettazione, analisi e produzione meccanica ed industriale in genere. L'ambito delle attività del gruppo comprende un ampio spettro di competenze scientifiche, tecnologiche e altre, che vanno dalla rigorosa matematica teorica, agli aspetti numerico computazionali fino all'estetica soggettiva della forma.

 ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA	DIPARTIMENTO di MATEMATICA	Pag. 7/9
	SUA-RD Quadro B1b GRUPPI DI RICERCA DEL DIPARTIMENTO	Rev. 02 07/11/2018

Componenti: Giulio Casciola, Serena Morigi, Damiana Lazzaro, Lucia Romani, Carolina Vittoria Beccari.

Collaboratori: assegnisti/dottorandi: Martin Huska.

### **Metodi di ottimizzazione per problemi inversi mal posti**

La soluzione di problemi inversi mal posti viene affrontata con lo studio di metodi di regolarizzazione che richiedono la soluzione di problemi di ottimizzazione vincolata. La funzione obiettivo rappresenta le proprietà della soluzione cercata (regolarità, sparsity, etc.) mentre il vincolo rappresenta la fedeltà ai dati e tiene conto del particolare tipo di rumore presente nei dati (gaussiano, Poisson, presenza di outliers).

Si studiano pertanto metodi di ottimizzazione vincolata, con particolare attenzione a metodi di tipo gradiente, quasi-Newton,  $\varepsilon$ -subgradiente, split gradient methods (SGM) e metodi di reweighting per trattare funzioni obiettivo non convesse.

Principali applicazioni:

- Inversione di dati di Nuclear Magnetic resonance spectroscopy mediante metodi di penalizzazione locale.
- Ricostruzioni di immagini di Risonanza magnetica sottocampionate trattate con algoritmi di reweighting.
- Problemi di super-resolution risolti con metodi  $\varepsilon$ -subgradiente.
- Ricostruzione di immagini di tomografia computerizzata 3D con metodi di tipo gradiente e quasi-Newton applicati a problema di minimi quadrati lineari con regolarizzazione TV.
- Identificazione di parametri in modelli differenziali di diffusione-trasporto e reazione non lineare mediante regolarizzazione iterativa del metodo di Gauss-Newton.

Componenti: Fabiana Zama, Germana Landi, Damiana Lazzaro.

### **Nuovi aspetti della regolarizzazione nell'imaging**


Svariati problemi di imaging derivano dalla discretizzazione di problemi continui inversi. Sono necessarie particolari tecniche numeriche per la loro risoluzione a causa della mal posizione e delle grandi dimensioni del problema. Per trattare la mal posizione in modo efficiente sono necessari modelli regolarizzanti, in cui è possibile inserire a priori informazioni sulla soluzione cercata; per trattare considerevoli quantità di dati è necessario studiare algoritmi computazionalmente efficienti. Le applicazioni considerate sono in ambito industriale (codici a barre), dell'imaging medico, della microscopia, e dell'indagine non-distruttiva di materiali e considerano problemi di deblurring e denoising, di ricostruzione di immagini 3D da tomografia ad angoli limitati e di segnali di tipo compressed sensing.

Componenti: Fiorella Sgallari, Serena Morigi, Damiana Lazzaro, Alessandro Lanza.

### **Metodi numerici e matriciali per la risoluzione discreta di problemi differenziali**

Sviluppo ed analisi di metodi non standard per l'approssimazione di equazioni differenziali alle derivate parziali (PDEs) provenienti di diverse applicazioni nella meccanica dei medi continui e nella fisica di plasma. Fra le diverse metodologie si considerano gli elementi finiti, metodi



 ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA	DIPARTIMENTO di MATEMATICA	Pag. 8/9
	SUA-RD Quadro B1b GRUPPI DI RICERCA DEL DIPARTIMENTO	Rev. 02 07/11/2018

discontinuous Galerkin, elementi finiti “cut” o “unfitted”, elementi virtuali e tecniche di decomposizione di domini.

Sviluppo ed analisi di tecniche di accelerazione (precondizionatori) per sistemi lineari derivanti dalla discretizzazione di PDEs, con riferimento alla ottimalità delle strategie in relazioni ai parametri del problema (coefficienti (an)isotropici, griglia, regolarità della soluzione, ecc.).

Sviluppo ed analisi di metodi di algebra lineare numerica per la risoluzione di sistemi lineari derivanti dalla discretizzazione di PDEs possibilmente parametrizzate, con anche riferimento a problemi strutturati, che possono dare luogo ad equazioni matriciali a bassa richiesta computazionale.

Sviluppo ed analisi di metodi di riduzione per sistemi dinamici con parametri, ed approssimazione di funzioni di matrici.

Componenti: Valeria Simoncini.

Collaboratori: assegnisti/dottorandi:

### **Finanza quantitativa**

Il gruppo di lavoro si caratterizza per l’uso di metodi teorici e strumenti computazionali mutuati dall’analisi matematica, dalla probabilità, dai sistemi dinamici, dall’econometria e dalla meccanica statistica per lo studio di problemi di natura finanziaria. Alcuni esempi di tematiche di ricerca includono: la valutazione di strumenti derivati, la misurazione del rischio, lo studio della microstruttura di mercato, l’analisi econometrica di serie storiche di dati finanziari, fuzzy systems, sistemi dinamici non lineari e modelli ad agenti per la finanza.

Componenti:

Rossella Agliardi, Giacomo Bormetti, Marco Antonio Boschetti, Riccardo Cesari, Roberto Dieci, Franco Nardini.

### **Data science**


Il gruppo si occupa di metodologie quantitative per la Data Science con applicazioni all’economia, la finanza e le scienze sociali. Gli strumenti e i concetti utilizzati provengono dalla statistica matematica, fisica e meccanica statistica, teoria delle serie temporali, ricerca operativa, teoria dei grafi random e dei complex networks. L’interesse del gruppo è rivolto sia allo sviluppo teorico di nuovi metodi matematici, statistici e computazionali sia allo studio empirico di sistemi socio-economici quali le reti di interazione tra persone, tra aziende o più in generale tra agenti.

Tra i temi centrali per il gruppo vi è proprio quello di distinguere, a partire dai dati, un sistema con interazioni rilevanti da uno senza, misurare le interazioni ed utilizzarle con intenti predittivi. Altri temi importanti per il gruppo includono l’inferenza di modelli ad alta dimensionalità tra cui, ad esempio, network dinamici e modelli di serie temporali a parametri variabili, sviluppo di metodi di clustering e di approcci entropici e statistici per la predizione/validazione di interazioni e il test di ipotesi su networks.

In ambito teorico si studiano tecniche di soft computing per le decisioni in ambito impreciso formalizzato tramite la logica fuzzy.

Componenti:



 ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITA DI BOLOGNA	DIPARTIMENTO di MATEMATICA	Pag. 9/9
	SUA-RD Quadro B1b GRUPPI DI RICERCA DEL DIPARTIMENTO	Rev. 02 07/11/2018

Luca Barzanti, Giacomo Bormetti, Marco Antonio Boschetti, Pierluigi Contucci, Roberto Dieci, Fabrizio Lillo, Emanuele Mingione, Massimo Spadoni.

Collaboratori: assegnisti/dottorandi: Diego Alberici.