

PIANO ANNUALE DELLE RICERCHE DEL DIPARTIMENTO DI MATEMATICA E INFORMATICA – ANNO 2017

(approvato dalla Giunta del Dipartimento del 23/01/2017)

Le attività di ricerca del Dipartimento si sviluppano trasversalmente lungo tutta l'Area 01 – Scienze matematiche e informatiche con l'eccezione dei SSD MAT/01 e MAT/09. Di seguito le principali tematiche che si prevede di approfondire suddivise per settore scientifico disciplinare.

MAT/02 Algebra

Si distinguono due ambiti di ricerca:

A. Identità polinomiali.

Ricercatori coinvolti: Antonio Giambruno (PO), Daniela La Mattina (PA), Francesca Benanti (RU), Antonio Ioppolo (D), Carla Rizzo (D);

B. Algebra categoriale intrinseca.

Ricercatori coinvolti: Giuseppe Metere (RTDB).

1. Piano di ricerca per l'anno 2017.

A. Identità polinomiali di un'algebra su un campo di caratteristica zero.

La ricerca è focalizzata nello studio delle identità polinomiali di un'algebra su un campo di caratteristica zero, ovvero nello studio dei T-ideali dell'algebra libera mediante metodi combinatori ed asintotici che fanno riferimento alle rappresentazioni dei gruppi simmetrici e generali lineari. Il calcolo asintotico dei gradi delle rappresentazioni irriducibili del gruppo simmetrico in caratteristica zero è ben noto ed un'analisi della decomposizione del co-carattere di un'algebra in caratteri irriducibili per il gruppo simmetrico permette di ottenere valutazioni asintotiche che determinano invarianti delle corrispondenti varietà. Si studieranno vari aspetti di questa teoria, precisamente:

- 1.** per algebre non associative si cercherà di classificare alcune varietà significative quali ad esempio le varietà quasi nilpotenti e le varietà a crescita lineare o quadratica. Si cercherà anche di studiare la crescita "overexponential" delle varietà di algebre non associative;
- 2.** per algebre con super-involuzione o involuzione graduata si studieranno le corrispondenti varietà a crescita polinomiale o quasi polinomiale allo scopo di ottenere classificazioni significative in ambiti di rilievo;
- 3.** il legame esistente tra l'involuzione Grassmanniana di una opportuna algebra con superinvoluzione e le varietà di algebre con involuzione sarà ulteriormente sviluppato per ottenere risultati generali validi per PI-algebre con involuzione;
- 4.** analisi e studio del T2-ideale generato dai polinomi Standard graduati, allo scopo di ottenere una nuova caratterizzazione del T2-ideale delle identità graduate di ciascuna delle super-algebre semplici. Una ricerca analoga sarà effettuata nell'ambito delle algebre con involuzione.
- 5.** si studieranno le identità differenziali di algebre significative su cui agisce un'algebra di Lie di derivazioni. Lo scopo primario è quello di determinare la crescita asintotica di tali identità.
- 6.** l'esistenza dei polinomi centrali per le matrici $n \times n$ ha svolto un ruolo fondamentale per lo sviluppo della teoria delle PI-algebre. Si cercherà di ottenere la crescita esponenziale determinata dai polinomi centrali per un'algebra di dimensione finita confrontandola anche con la crescita esponenziale determinata dalle identità polinomiali.

Un ulteriore campo di ricerca in quest'ambito potrà riguardare lo studio delle algebre gruppali ed il legame esistente tra le identità polinomiali dell'algebra e le identità gruppali del corrispondente gruppo delle unità. Tale legame fa riferimento ad una congettura di Hartley, risolta alcuni anni fa.

Un'evoluzione di questa congettura riguarda problemi di classificazione del gruppo generatore.

B. Algebra categoriale intrinseca, co-omologia non abeliana e strutture categoriali interne.

Algebra categoriale intrinseca: un approccio fibrazionale alla co-omologia non abeliana e allo studio delle strutture categoriali interne. Uno studio delle categorie di varietà algebriche (nel senso dell'algebra universale) consiste nella formalizzazione di sistemi di assiomi per i quali certe proprietà delle strutture algebriche in questione diventano proprietà categoriali. Un prototipo di questo punto di vista è sicuramente la nozione ormai consolidata di categoria abeliana, mentre in ambito non abeliano, vi sono diversi approcci, tra cui la nozione relativamente recente di categoria semi-abeliana, a sua volta basata su assiomi di regolarità e protomodularità.

L'obiettivo della ricerca è lo studio delle strutture categoriali interne a categorie semi-abeliane, e delle loro proprietà, con particolare attenzione agli aspetti co-omologici (non abeliani) basso-dimensionali. Per inquadrare la tematica in un contesto formale più generale, si è trovato utile un approccio che si basi sulla nozione di fibrazione (di Grothendieck), ossia di funtori con buone proprietà di sollevamento dei morfismi. In questi termini è stato possibile reinterpretare la classica coomologia (non abeliana) dei gruppi in dimensione bassa, e le sue principali generalizzazioni. Il passo successivo, che è quanto ci si propone di realizzare con il piano di ricerca corrente, è estendere questa interpretazione alle dimensioni superiori, in modo da ottenere un diverso punto di vista sui gruppi di coomologia in dimensione maggiore di 3 che generalizzi l'interpretazione classica data in termini di estensioni incrociate.

2. Fondi con cui si intende attuare le attività delle due linee di ricerca A e B.

A. Le visite all'estero saranno finanziate da enti di ricerca d'Israele, Brasile e Canada. Presumibilmente un periodo di ricerca all'estero di uno studente di dottorato sarà finanziato per quanto riguarda il viaggio dallo stesso dottorato.

Sono anche previsti finanziamenti del GNSAGA - INDAM.

B. Il sito web e la mailing list del progetto di network "CATEGORY THEORY, ALGEBRA, AND TOPOLOGY" sono finanziati dalle università di Stellenbosch e Louvain-la-Neuve rispettivamente. I periodi di permanenza e la partecipazione ai convegni saranno finanziati dal gruppo INDAM - GNSAGA e dalla Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgio.

3. Livello di internazionalizzazione delle due linee di ricerca A e B.

A. Sono previsti periodi di permanenza per collaborazioni di ricerca presso la University of Alberta, Edmonton, Canada, il Technion, Haifa, Israele, l'Università di San Paolo e l'Università di Campinas, Brasile. Sono inoltre previste visite di ricerca a Palermo dei prof. E. Aljadeff (Technion, Haifa, Israele), S. Mishchenko (Ulyanovsk State University, Russia), M. Zaicev (Moscow State University, Russia).

B. Sono previsti periodi di permanenza con collaborazioni di ricerca presso l'Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgio, e l'Università degli studi di Milano, il Centro di Ricerca Matematica dell'Università di Coimbra, la partecipazione al 5th Workshop on Categorical Methods in Non-Abelian Algebra (Louvain-la-Neuve 1-3 giugno 2017) e ad altri convegni e workshop in algebra categoriale. Inoltre, nel 2017 partirà il progetto di un network internazionale "CATEGORY THEORY, ALGEBRA, AND TOPOLOGY" (sito web: www.ctat.network) che vedrà la partecipazione, tra l'altro, di ricercatori delle seguenti università e istituzioni:

- Université Libre de Bruxelles (Belgium)
- Université catholique de Louvain (Belgium)
- Université du Littoral (France)
- Hungarian Academy of Sciences, Budapest (Hungary)
- Università degli Studi di Milano (Italy)
- Università degli Studi di Palermo (Italy)
- Universidade do Algarve (Portugal)
- Universidade de Aveiro (Portugal)
- Universidade de Coimbra (Portugal)

- University of Cape Town (South Africa)

- Stellenbosch University (South Africa)

Eventuali progetti di partnership tra le istituzioni universitarie coinvolte saranno proposti.

MAT/03 Geometria

Si distinguono due ambiti di ricerca:

A. Fondamenti di Geometria ed Algebre di Lie.

Ricercatori coinvolti: Claudio Bartolone (PO), Giovanni Falcone (RU), Alfonso Di Bartolo (RU);

B. Geometria algebrica.

Ricercatori coinvolti: Vassil Kanev (PO), Luca Ugaglia (PA).

1. Piano di ricerca per l'anno 2017.

A. Fondamenti di Geometria ed Algebre di Lie. Sono previste quattro linee di ricerca, precisamente:

1. portando avanti le ricerche svolte negli anni passati, che hanno prodotto tre articoli pubblicati su riviste ISI, s'intendono classificare le algebre di Lie nilpotenti di tipo $\{2n, 1, 1\}$ che ammettono una derivazione non nulla;

2. la Jacobiana generalizzata di una curva iperellittica complessa può essere vista come l'immagine di una funzione complessa di n variabili con $2n$ -e periodi realmente indipendenti; si vogliono determinare condizioni sui punti della curva che definiscono tali periodi;

3. portando avanti le ricerche svolte negli anni passati, che hanno prodotto due articoli pubblicati su riviste ISI, si intende studiare, relativamente al caso dei quasifield topologici, quei loops che sono il loop moltiplicativo di un quasifield.

4. portando avanti le ricerche svolte negli anni passati, che hanno prodotto un articolo pubblicato su riviste ISI di prima fascia, si vogliono caratterizzare quei disegni ottenuti da un gruppo commutativo in modo che i blocchi siano esattamente i sottoinsiemi di k elementi

la cui somma è zero.

B. Geometria algebrica.

1. Data una curva proiettiva liscia Y , definita sul campo dei numeri razionali, geometricamente connessa, di genere ≥ 1 , si vuole studiare lo schema di Hurwitz che parametrizza i rivestimenti di Galois di Y , ramificati in un numero fissato n di punti. Si vuole dimostrare che essa ha struttura di schema sui razionali e dimostrare che i suoi punti razionali corrispondono ai rivestimenti $X \rightarrow Y$ che possono essere definiti sul campo dei razionali. Questo tipo di risultati sono noti nel caso della retta proiettiva (Fried-Volklein 1991). Si nota la loro rilevanza per il problema inverso di Galois.

2. Data una varietà di del Pezzo Y di grado d e dimensione n ed una classe ampia H tale che l'anticanone di Y sia $(n-1)H$, si considera una sotto-serie lineare V in $|H|$, il cui luogo base sia uno schema zero-dimensionale di lunghezza d . La mappa razionale da Y nel proiettivo $(n-1)$ -dimensionale associata a V risulta avere fibre di genere aritmetico 1 e risolvendo l'indeterminazione si ottiene una fibrazione ellittica dallo scoppio X di Y nello spazio proiettivo $(n-1)$ -dimensionale.

Sotto queste ipotesi è stato provato in due articoli precedenti che nel caso in cui il grado d è al più 4, l'anello di Cox della varietà X è finitamente generato se e solo se il gruppo di Mordell-Weil della fibrazione corrispondente è finito.

Un primo obiettivo è proseguire questo studio analizzando le varietà di del Pezzo di grado maggiore di 4.

3. Generalizzando la situazione precedente, dati due spazi "Mori dream" X ed Y su un campo k algebricamente chiuso ed un morfismo piatto suriettivo f da X in Y , studiare la relazione tra l'anello di Cox di X e quello della fibra generica del morfismo f (definita sul campo delle funzioni razionali $k(Y)$).

4. Studiare l'anello di Cox di una curva ellittica definita su un dato campo K . In particolare, nel caso in cui la curva C sia la fibra generica di una fibrazione ellittica tra due spazi Mori X ed Y , questo permette di ricollegarsi con il punto precedente.

2. Fondi con cui si intende attuare le attività di cui sopra.

A. Intendiamo rispondere al bando RISE della Comunità europea, Marie Curie actions, per proseguire il progetto Marie Curie IRSES n. 317721 "Lie groups, differential equations and geometry". I colleghi stranieri hanno manifestato inoltre l'intenzione di collaborare con fondi di propria pertinenza.

B. In parte con i fondi INDAM - GNSAGA (Gruppo Nazionale per le Strutture Algebriche, Geometriche e le loro Applicazioni), in parte con i fondi del "Proyecto Anillo", del CONICYT (Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica), Cile.

3. Livello di internazionalizzazione delle attività proposte.

Le ricerche saranno svolte in collaborazione con colleghi dei seguenti paesi:

A. - Ungheria (Agota Figula, Debrecen);

- Rep. Ceca (Olga Rossi, Ostrava);

- Sud Africa (Rory Biggs, Pretoria).

B. - Cile (Antonio Laface, Concepcion);

- Cile (Andrea Luigi Tironi, Concepcion).

MAT/04 Matematiche complementari

Si distinguono due ambiti di ricerca:

A. *Storia della matematica.*

Ricercatori coinvolti: Cinzia Cerroni (PA), Maria Alessandra Vaccaro (RU); Nicla Palladino (A); Aldo Brigaglia (CE).

B. *Didattica della matematica.*

Ricercatori coinvolti: Benedetto Di Paola (R); Aaron Gaio (D); Nicla Palladino (A).

1. Piano di ricerca per l'anno 2017

A. *Storia della matematica.* Sono previste le seguenti linee di studio, precisamente:

1. Storia della Geometria Algebrica con particolare riferimento alle opere di Luigi Cremona e Corrado Segre.

2. Lo studio e la storia delle trasformazioni quadratiche e il loro ruolo nella prima formulazione del concetto di trasformazione birazionale, partendo dai lavori di L. Magnus e G. Schiaparelli per concludere con quelli di L. Cremona e T. Hirst.

3. Le complesse vicende legate allo studio di problemi "elementari" nel corso del tempo, quali quelli relativi alla retta di Simson-Wallace e della ipocicloide tricuspide, seguendone lo sviluppo dai contributi di J. Steiner a quelli di L. Cremona e E. Beltrami.

4. Tracciare l'evoluzione storica che partendo dalla configurazione del quadrilatero completo e le relative proprietà, attraverso la catena di Clifford arriva a determinare, per ciascun passo della suddetta catena, la corrispondenza con i politopi nello spazio n -dimensionale.

5. La storia dello sviluppo delle geometrie non desarguesiane e non archimedee con quella, a esse collegate, delle algebre (ottonioni, ecc.).

6. Ricerche collegate al Circolo Matematico di Palermo, in particolare approfondire i rapporti tra G.B. Guccia, H. Poincaré e G. Mittag Leffler.

7. La pubblicazione di carteggi e altro materiale d'archivio con speciale riferimento a Luigi Cremona, G. Battista Guccia, Placido Tardy e ai matematici napoletani.

8. Le origini e la successiva formalizzazione matematica delle figure geometriche stellate, dal loro impiego nell'arte alla definitiva matematizzazione da parte di Keplero, passando per i meno noti matematici del medioevo che contribuirono alla loro sistematizzazione teorica.

9. Nel quadro della nascita della scienza nazionale italiana durante il Risorgimento, si analizzerà l'influenza della presenza in Italia di matematici stranieri nel periodo pre-unitario sull'ambiente scientifico italiano ed in particolare sulle riviste, quali gli Annali e il Giornale di Matematiche.

B. Didattica della Matematica. Saranno trattate sei aree di ricerca che possono così riassumersi:

1. linguistico-matematico: la matematica come linguaggio;

2. Matematica, Scienze e realtà: collegamenti interdisciplinari con le scienze sperimentali, modelli e processi cognitivi;

3. Matematica e cultura: particolare attenzione in questo campo viene data alla comparazione dei processi cognitivi messi in atto da studenti di cultura differente inseriti nelle classi italiane e non solo;

4. le Neuroscienze e l'insegnamento-apprendimento delle Matematiche: rapporti interdisciplinari tra linguaggi.

5. Analisi quantitativa e qualitativa per la ricerca in Didattica: software CHIC (Classification Hiérarchique Implicative et Cohésive), SPSS di statistica implicativa e inferenziale.

6. Matematica discreta; problematiche storico/didattiche nella pratica d'aula e nella formazione

2. Fondi con cui si intende attuare le attività di cui sopra.

A. Fondi GNSAGA-INDAM;

B.1. "Motivating Methods and Materials in Maths and Science: Dissemination/ MSc4AI"–Ref. number: 53923 4-LLP -1 -20 1 3-AT-COMENIUS-CAM";

B.2. "Ma t'SMc - Materials for Teaching Together: Science and Mathematics teachers collaborating for better results/Ma t'SMc"–Ref. number: 539242-LLP -1 -201 3-AT-COMENIUS-CMP".

3. Livello d'internazionalizzazione delle attività proposte.

A. Molte sono le collaborazioni con altri gruppi di ricerca nazionali e internazionali. In particolare, per quello che riguarda il materiale di archivio ci sono collaborazioni con l'Università di Milano e di Torino, "Federico II" di Napoli e l'Università della Basilicata. Per le altre ricerche, ci sono collaborazioni con l'Università di Lille e di Nancy.

B. Molte sono le collaborazioni con altri gruppi di ricerca nazionali e internazionali in Didattica della Matematica che lavorano sulle stese tematiche di ricerca. Tra questi: il gruppo di ricerca di Bologna, Reggio Emilia, Pisa, Bari per il contesto nazionale; il gruppo di ricerca di San Diego, California (USA), il gruppo di ricerca di Pechino (Cina), quello che lavora a Barcellona (Spagna) e in Svizzera (Locarno), per quanto riguarda il contesto internazionale.

A queste si aggiungono le collaborazioni di ricerca e divulgazione di pratiche didattiche con i partner stranieri (AT, CY, CZ, LT, UK, SK) dei progetti europei sopra.

MAT/05 Analisi Matematica

Si distinguono i seguenti cinque ambiti ricerca:

A. Teoria degli operatori e delle algebre di operatori.

Ricercatori coinvolti: Camillo Trapani (PO); Francesco Tschinke (RU); Maria Stella Adamo (D); Rosario Corso (D).

B. Multifunzioni, multimisure, teoria dell'integrazione e applicazioni.

Ricercatori coinvolti: Luisa Di Piazza (PO), Diana Caponetti (PA), Valeria Marraffa (PA);

C. Equazioni differenziali e punti fissi.

Ricercatori coinvolti: Diego Averna (PA), Calogero Vetro (RU), Tornatore Elisabetta (RU), Pasquale Vetro (CE) con la collaborazione di Elena Toscano (RU MAT/08) ed Emanuele Brugnoli (B).

D. Equazioni differenziali alle derivate parziali.

Ricercatori coinvolti: Giulio Ciruolo (RU), Francesca Dalbono (RU).

E. Integrazione astratta per multifunzioni con applicazione all'analisi armonica, problemi non locali, problemi di frontiera libera.

Ricercatori coinvolti: Francesco Tulone (RU), Giuseppe Rao (CE)

1. Piano di ricerca per l'anno 2017.

A. Teoria degli operatori e delle algebre di operatori. Si intende da un lato proseguire l'attività di ricerca tradizionale del gruppo sulle proprietà di struttura di alcuni tipi di quasi*-algebre localmente convesse. Su quest'argomento è in corso di completamento un'opera monografica di sintesi in collaborazione con la Prof. Maria Fragoulopoulou (Università di Atene) che si spera di poter completare nel primo semestre dell'anno.

L'obiettivo di ricerca primario in quest'ambito sarà lo studio delle relazioni tra la nozione di rappresentabilità di un funzionale lineare su una quasi *-algebra di Banach e la sua continuità. E' noto che esistono funzionali continui non rappresentabili; ma la continuità dei funzionali rappresentabili è stabilita solo in situazioni molto particolari e mancano risultati di sufficiente generalità. Su questo tema la dottoranda M.S. Adamo sta preparando la sua tesi di PhD.

Alcune questioni matematiche sollevate nell'ambito della cosiddetta "Pseudo-Hermitian Quantum Mechanics" hanno condotto all'apertura di alcune nuove linee di ricerca.

a) Generalizzazioni del concetto di base in strutture hilbertiane (basi di Riesz generalizzate, quasi-basi, "reproducing pairs". Il progetto immediato è quello di studiare famiglie di distribuzioni che costituiscono basi generalizzate (nel senso di Gelfand) dello spazio di Hilbert. In questa ricerca sono coinvolti anche ricercatori belgi, austriaci e giapponesi.

b) Studio di forme sesquilineari che sono rappresentabili mediante operatori: Recentemente è stata introdotta e studiata la nozione di forma risolubile, per le quali è stato dato un teorema di rappresentazione che generalizza il celebre teorema di Kato sulle forme chiuse positive o settoriali.

E' in atto un confronto approfondito su risultati ottenuti nello stesso ambito da altri studiosi e si pensa di affrontare per forme risolubile il problema della rappresentazione alla Kato di secondo tipo. Su questi argomenti è impegnato anche il dottorando Rosario Corso ed è in fase d'avvio una collaborazione con ricercatori dell'Accademia Ungherese delle Scienze.

B. Multifunzioni, multimisure, teoria dell'integrazione e applicazioni. Si distinguono le seguenti quattro linee di ricerca:

1. Multi-misure a valori nei sottoinsiemi di uno spazio di Banach. La teoria delle multi-misure è una naturale estensione della teoria delle misure vettoriali e può essere considerata come uno sviluppo della teoria dell'integrazione per multi-funzioni. Le multi-misure sono un utile strumento analitico nella matematica applicata all'economia (in particolare nella teoria dell'equilibrio di economie produzione-scambio). Proseguendo ricerche già avviate, s'intendono ottenere, tra l'altro, teoremi di rappresentazione di multi-misure, sia mediante multi-funzioni integrabili nel senso di Aumann o di Pettis, o più in generale, nel senso di Birkhoff o di Henstock, sia anche mediante funzioni scalari integrabili rispetto ad un'altra multi-misura.

2. Operatori lineari caotici. La dinamica degli operatori lineari è una branca giovane e in rapida evoluzione dell'analisi funzionale. In particolare in tempi recenti numerosi matematici si sono occupati della dinamica degli operatori lineari tra spazi di Banach, focalizzando tra l'altro l'attenzione sullo studio delle orbite dense. Proseguendo ricerche già avviate in collaborazione con U. Darji, si intendono studiare operatori lineari limitati da uno spazio di Banach in se stesso, caotici nel senso Devaney.

3. Processi stocastici. Studio di distribuzioni di probabilità e processi di Markov per multi-funzioni. Studio di processi browniani per multi-funzioni "integrabilmente" limitate a valore nello spazio dei sottoinsiemi compatti o limitati chiusi e convessi estendendo teoremi di caratterizzazione in questo contesto, si osserva che i moti browniani così come le multi-funzioni hanno applicazioni in economia. Inoltre ci si propone di studiare disequaglianze di processi stocastici di quadrato integrabile nell'ambito degli spazi di Riesz, proseguendo ricerche già avviate con Labuschagne nell'ambito dei processi stocastici in spazi di Riesz.

4. Processi di integrazione e spazi funzionali. Permane l'interesse per lo studio di problemi relativi a processi di integrazione non assolutamente convergenti. Processi di integrazione e applicazione alle equazioni differenziali: si vogliono studiare integrali di tipo Stieltjes di funzioni a valori in spazi di

Banach e considerare teoremi di convergenza e le loro applicazioni alle equazioni integrali. Nell'ambito dei "modular function spaces" si vuole studiare un modulare che permetta la generalizzazione dello spazio di funzioni integrabili rispetto ad una misura vettoriale. Si studieranno retrazioni con misura di non compattezza piccola in spazi $C^k[0,1]$ e altri spazi d'interesse.

C. Equazioni differenziali e punti fissi. Si distinguono due linee di ricerca:

1. (D. Averna, E. Tornatore, C. Vetro) *Equazioni differenziali e punti critici*. La nostra ricerca è finalizzata allo studio di sistemi ellittici nonlineari contenenti il (p,q) -Laplaciano ($1 < q < p$) e con le condizioni di Dirichlet, di Neumann e di Robin. Si intendono esaminare i casi in cui il termine non lineare dipende o meno dal gradiente. Si utilizzeranno metodi variazionali, metodi di troncamento, tecniche di comparazione e di sotto e sopra-soluzioni per studiare l'esistenza e la molteplicità delle soluzioni. Sotto opportune condizioni sul termine non lineare si ricercheranno soluzioni di segno costante. Utilizzando la teoria di Morse (gruppi critici) si esaminerà l'esistenza di soluzioni nodali.

2. (C. Vetro, P. Vetro con la collaborazione di E. Brugnoli, E. Toscano) *Metodi di punto fisso*. Studio e approssimazione delle soluzioni di problemi integro-differenziali in diversi spazi ambiente, mediante gli schemi iterativi di punto fisso. Elaborazione e ricostruzione di segnali su grafi a partire da campioni parziali, mediante la generalizzazione e combinazione di schemi iterativi di punto fisso.

D. Equazioni differenziali alle derivate parziali. Distinguiamo due linee di ricerche:

1. (G. Ciraolo) Studio delle simmetrie e delle simmetrie approssimate in problemi sovradeterminati relativi ad equazioni alle derivate parziali in varietà Riemanniane e di Finsler e in problemi di rigidità per ipersuperfici in spazi a curvatura costante, ma anche studio di problemi di blow up del gradiente per soluzioni di equazioni ellittiche che modellano la propagazione elettromagnetica in mezzi compositi.

2. (F. Dalbono) Studio di molteplicità di soluzioni per problemi di Dirichlet asintoticamente lineari associati ad una classe di sistemi del secondo ordine, adottando la teoria dell'indice di Morse; studio del comportamento asintotico e delle proprietà nodali di soluzioni radiali di equazioni di Laplace supercritiche, utilizzando la teoria delle varietà invarianti e le trasformazioni di tipo Fowler; studio di molteplicità di soluzioni radiali per un problema di Dirichlet di tipo concavo-convesso, in presenza di pesi indefiniti.

E. Integrazione astratta per multifunzioni con applicazione all'analisi armonica, problemi non locali, problemi di frontiera libera. Si distinguono le seguenti 5 linee di ricerca:

1. Integrazione astratta di tipo Henstock, per funzioni definite su R_n , con le applicazioni nella analisi armonica. In particolare nella ricostruzione dei coefficienti delle serie di sistemi ortonormali tipo wavelet.

2. Operatori ellittici. Si proverà di provare l'esistenza di soluzioni di minima energia e soluzioni nodali per operatori ellittici in problemi di Dirichlet. E si studieranno simili problemi nell'ambito delle superfici di Nehari in caso di non linearità.

3. Problemi semilineari ellittici. I problemi semilineari ellittici con nonlinearità indefinite in segno sono stati oggetto di ampio studio nell'ultimo decennio, per diverse motivazioni di tipo modellistico. Ci si propone di analizzare questo genere di fenomeni nel caso (modellisticamente rilevante) in cui la diffusione standard venga sostituita da passeggiate aleatorie con salti (Levy flights), cioè quando il laplaciano è sostituito dal laplaciano frazionario.

4. Integrazione astratta e utilizzo della stessa nella equazioni ellittiche. Si intende continuare la ricerca avviata da Zygmund e Calderon, per la risoluzione di equazioni ellittiche con integrali non assolutamente convergenti. Anziché utilizzare il metodo di Perron (descrittivo), si utilizza in integrazione tipo Henstock (costruttivo). Alcune proprietà e caratteristiche di tale integrale saranno studiate.

5. Problemi di frontiera libera. Per i problemi di frontiera libera si cercherà la regolarità della soluzione di un problema “fully-nonlinear” a due fasi.

2. Fondi con cui si intende attuare le attività di cui sopra.

A. GNAMPA-INDAM

B. GNAMPA-INDAM 2016, CoRI 2014-2016

C. GNAMPA-INDAM; International Scientific Partnership Program (King Saud University)

D1. GNAMPA, FIR 2013.

D2. GNAMPA-INDAM (partecipante progetto finanziato con altra sede)

3. Livello di internazionalizzazione delle attività proposte.

A. Le tradizionali collaborazioni internazionali del gruppo (Belgio, Grecia, Giappone, Germania) che saranno mantenute e sviluppate.

B. Cooperazione scientifica con Kazimierz Musial dell'Università di Wroclaw (Polonia), Bianca Satco dell'Università Stefan cel Mare di Suceava (Romania), Mieczyslaw Cichon dell'Università di Poznan (Polonia), Udayan B. Darji dell'Università di Louisville (USA), Coenraad Labuschagne (South Africa), Grzegorz Lewicki dell'Università di Cracovia (Polonia).

C. Cooperazione scientifica con Dumitru Motreanu, University of Perpignan (France) e Nikolaos S. Papageorgiou, National Technical University of Athens (Greece). Varie collaborazioni con studiosi attivi nell'ambito della teoria dei punti fissi in Arabia Saudita, Giappone, India, Iran, Pakistan, Romania, Sudafrica, Turchia.

D1. Il lavoro di ricerca è caratterizzato da molte collaborazioni a livello internazionale come UT Austin (Texas - USA), ETH (Zurigo - Svizzera), Inha University (Corea del Sud), Tohoku University (Giappone), École normale supérieure di Parigi (Francia).

D2. Visiting presso il CMAF-CIO, Università di Lisbona, Portogallo nei mesi di marzo-aprile-maggio 2017.

E. La cooperazione scientifica coinvolgerà l'Università Lomonosov di Mosca, l'Università di Chicago, l'Università di Astana e varie Università della Polonia.

MAT/06 Probabilità e Statistica Matematica

1. Piano di ricerca per l'anno 2017.

Il Dott. G. Sanfilippo (RU) indirizzerà la sua attività di ricerca secondo le seguenti direzioni principali:

A. Intersezione e unione tra eventi condizionati. Si generalizzerà la nozione di intersezione, introdotta recentemente per due eventi condizionati, al caso di n eventi condizionati. L'intersezione di eventi condizionati verrà rappresentata da un opportuno numero aleatorio condizionato definito mediante una procedura ricorsiva. Si farà un confronto tra l'intersezione e la quasi congiunzione di n eventi condizionati. Inoltre, nel quadro della coerenza verranno studiati gli estremi inferiori e superiori per la previsione dell'intersezione di 3 eventi condizionati. Tali estremi verranno messi in relazione con quelli che si ottengono per la probabilità dell'intersezione di 3 eventi non condizionati. Inoltre, si cercherà di generalizzare la nozione di unione di due eventi condizionati al caso di n eventi condizionati basandosi su una versione generalizzata delle leggi di De Morgan. Infine, utilizzando anche la nozione di condizionamento tra eventi condizionati, i risultati ottenuti verranno applicati nel campo della psicologia del ragionamento incerto (centering, import export principle, controfattuali).

B. Quadrato dell'opposizione, assegnazioni imprecise di probabilità.

Verrà data un'interpretazione in termini di valutazioni probabilistiche delle proposizioni presenti nei vertici del quadrato dell'opposizione. Utilizzando la nozione di coerenza generalizzata per le assegnazioni imprecise di probabilità, verrà data una interpretazione probabilistica delle relazioni logiche tra i vertici del quadrato dell'opposizione che consentirà di definire il quadrato dell'opposizione nel quadro della coerenza. Si darà anche una caratterizzazione del quadrato

dell'opposizione attraverso una tripartizione di assegnazioni imprecise. Estendendo in maniera adeguata le relazioni logiche si introdurrà l'esagono e il cubo dell'opposizione. A tal proposito sarà necessario utilizzare le nozioni di coerenza, *g*-coerenza e coerenza totale per valutazioni imprecise di probabilità che non sono plurintervalli.

C. Sillogismi condizionali generalizzati nel quadro della coerenza.

Verrà fornita una generalizzazione dei sillogismi condizionali (modus ponens, modus tollens, negazione dell'antecedente, affermazione del conseguente) in cui le premesse e le conclusioni non condizionate (ad esempio A, C) verranno sostituite con eventi condizionati ($A|H$, $C|K$) e la premessa condizionata (ad esempio $C|A$) verrà sostituita con un evento condizionato iterato ($(C|K)|(A|H)$). Per ciascun sillogismo generalizzato verrà individuato l'insieme di tutte le assegnazioni probabilistiche coerenti sulla terna composta dalle due premesse e dalla conclusione. Tale studio si potrà fare dopo aver generalizzato in maniera opportuna la definizione di coerenza in modo da gestire assegnazioni "probabilistiche" che coinvolgono eventi condizionati iterati e l'intersezione di eventi condizionati. Infine, un'interpretazione in termini geometrici della nozione di coerenza, consentirà di avere una visione unificata dei quattro sillogismi condizionali.

D. Distribuzioni a posteriori che in alcuni casi imitano la frequenza osservata. Una distribuzione su $n+1$ eventi si dice che "imita" la frequenza quando la probabilità dell'evento $n+1$ esimo condizionato al risultato dei primi n eventi coincide con la frequenza relativa di successo calcolata sui primi n eventi. In tale ambito, si continuerà lo studio in parte già completato delle proprietà di alcune distribuzioni di probabilità che "imitano" la frequenza soltanto per valori che stanno in un fissato intervallo e che coinvolgono eventi scambiabili. La costruzione non parametrica di tali distribuzioni si baserà sul teorema fondamentale delle probabilità di "de Finetti" e si fornirà la distribuzione limite della frequenza relativa di successi.

E. La nozione di entropia per famiglie arbitrarie di eventi

Nell'ambito delle regole di punteggio appropriate (proper scoring rules) si cercherà di definire una misura che estenda la nozione di entropia per una partizione di eventi al caso in cui si hanno famiglie arbitrarie di eventi. Si studieranno alcune proprietà di tale funzione sfruttando risultati ottenuti sulla divergenza di Bregman.

F. Regole di aggregazione per eventi fuzzy.

Nel contesto in cui gli insiemi fuzzy vengono interpretati come probabilità di eventi condizionati, la previsione dell'intersezione degli eventi condizionati verrà interpretata come un operatore di aggregazione coerente per eventi fuzzy. In tale ambito si studieranno i casi in cui le regole di aggregazioni fuzzy basate sulle norme triangolari (t-norme) corrispondono a delle previsioni coerenti su intersezione di eventi condizionati.

2. Fondi con cui si intende "attuare" le attività di cui sopra.

A., B., C. Si utilizzeranno i fondi del progetto internazionale, finanziato dalla "Deutsche Forschungsgemeinschaft" (DFG), dalla "Fondation Maison des Sciences de l'Homme" (FMSH) e da "Villa Vigoni", per la realizzazione di una serie di Conferenze di ricerca trilaterali Italo-Franco-Tedesche dal titolo "Rationalité Humaine : Les Points de Vue Probabilistes".

Per tutte le voci si utilizzerà il *fondo residuo del Progetto Gnampa 2016*.

3. Livello d'internazionalizzazione

A., B., C. Questo programma prevede la collaborazione con: Angelo Gilio dell'Università "La Sapienza" di Roma, Niki Pfeifer dell'Università LMU di Monaco (Germania) e di David Over dell'Università di Durham del Regno Unito. Inoltre, la tematica proposta fa parte del progetto di ricerca per la realizzazione di conferenze trilaterali Italo-Franco-Tedesche dal titolo "Rationalité Humaine : Les Points de Vue Probabilistes" che coinvolge 16 ricercatori provenienti da Germania, Francia e Italia.

D., E. Questo programma sarà svolto in collaborazione con Frank Lad dell'Università di Canterbury, Christchurch, Nuova Zelanda.

MAT/07 Fisica Matematica

Si distinguono due ambiti di ricerca:

A. *Modelli matematici e sistemi dinamici.*

Ricercatori coinvolti: Marco Sammartino (PO), Maria Carmela Lombardo (PA), Vincenzo Sciacca (PA), Gaetana Gambino (RU), Francesco Gargano (RTD), Valeria Giunta (D), Gianfranco Rubino (D), Antonio Maria Greco (CE), Salvatore Lupo (CE), Rachele Barresi (CE), Giordano Ponetti (D), Rossella Rizzo (CE);

B. *Meccanica statistica e struttura della materia.*

Ricercatori coinvolti: Valeria Ricci (RE).

1. Piano di ricerca per l'anno 2017.

A. *Modelli matematici e sistemi dinamici. Distinguiamo le seguenti sei linee di ricerca.*

1. Modellistica matematica mediante sistemi di reazione-diffusione con diffusione non lineare. Negli ultimi anni le equazioni di tipo reazione-diffusione sono state ampiamente utilizzate per descrivere il meccanismo attraverso il quale la rottura di omogeneità e l'auto-organizzazione (nello spazio e nel tempo) conducono alla nascita di nuove strutture coerenti (pattern). Grande attenzione è stata data alla generazione di pattern di tipo Turing, strutture periodiche nelle variabili spaziali e stazionarie nel tempo, la cui formazione è essenzialmente dovuta alla destabilizzazione, per effetto della diffusione, di uno stato stazionario stabile per il sistema di reazione. La Turing instabilità è stata largamente studiata in sistemi in cui la cinetica non lineare è accoppiata alla diffusione lineare, ipotesi quest'ultima semplificatrice e non ammissibile per la descrizione dei fenomeni di diffusione in diversi contesti, dalla biochimica ai sistemi geologici con eterogeneità, dall'ecologia a processi industriali come l'elettrodeposizione.

1.1 Sistemi di tipo Reazione-Diffusione con Diffusione anomala non lineare. Ci si propone di indagare il ruolo della diffusione anomala non lineare, descritta da coefficienti di diffusione dipendenti dalle concentrazioni delle specie stesse, nel meccanismo di formazione di strutture coerenti per modelli biologici con cinetiche di tipo attivatore-inibitore e per un modello reazione-diffusione che descrive l'elettrodeposizione nei metalli. Si utilizzeranno sia metodi classici della stabilità lineare, che l'analisi debolmente non lineare vicino alla marginale stabilità degli stati di equilibrio di interesse, al fine di descrivere la formazione dei pattern. Le predizioni teoriche saranno da un lato validate dal confronto con i dati sperimentali, dall'altro saranno utilizzate come punto di partenza per il controllo delle dinamiche spazio-temporali nei modelli su citati.

1.2 Sistemi di tipo Reazione-Diffusione per la modellizzazione della Sclerosi Multipla. Si intende sviluppare modelli matematici per la descrizione della Sclerosi Multipla e in particolare ci si focalizzerà sul processo di demielinizzazione e sulla descrizione di gliomi cerebrali, tenendo conto degli effetti antinfiammatori prodotti da alcune specie di citochine. Tale risposta del sistema immunitario all'attacco della malattia sopravviene generalmente in tempi successivi rispetto al picco della fase infiammatoria ed è ritenuta responsabile di alcuni processi di riparazione spontanea delle lesioni, con la formazione delle cosiddette shadow plaques. A tale scopo, si vogliono considerare modelli di tipo reazione-diffusione sia con diffusione cross non lineare, che ben riproducono i processi diffusivi nei mezzi non omogenei quali la materia cerebrale, sia con diffusione di tipo frazionario, per riprodurre la capacità di creazione delle metastasi a lungo raggio, che è una caratteristica tipica dei gliomi cerebrali.

2. Formazione di pattern oscillatori: interazione fra biforcazioni Turing- Hopf e fenomeni non-lineari nel caso sub-critico. È stato recentemente scoperto che alcuni sistemi di reazione-diffusione possono dare luogo, oltre ai pattern di tipo Turing descritti al punto 1), anche a pattern di Turing oscillanti nel tempo (STOS: spatio-temporally oscillating solutions). Si tratta di fenomeni ben diversi dalle oscillazioni uniformi dovute alla presenza di una biforcazione di Hopf nel termine cinetico; essi sono generalmente dovuti o alla risonanza di modi di Turing instabili con sub-

armoniche Hopf-instabili oppure all'interazione di modi di Turing instabili con una biforcazione subcritica. Si intende dunque investigare il fenomeno delle STOS in sistemi di tipo reazione-diffusione con termine diffusivo non lineare, sia utilizzando cinetiche di tipo Lengyel-Epstein (per indagare l'interazione con i modi Hopf-instabili), sia utilizzando cinetiche tipo Lotka-Volterra (per indagare l'interazione con la biforcazione subcritica). In entrambi i casi si prevede di procedere con un'analisi di tipo debolmente non lineare in prossimità della biforcazione nonché con tecniche numeriche di tipo continuazione.

3. Soluzioni analitiche di equazioni della fluidodinamica. Si intendono dimostrare teoremi di buona posizione per alcune equazioni dissipative della fluidodinamica (per esempio le primitive equations, o le equazioni di Navier-Stokes) con tempi di esistenza che non dipendono dalla dissipazione. È noto che, quando il fluido interagisce con una frontiera si genera uno strato, il cui spessore è dell'ordine della radice quadrata della viscosità, dentro il quale si hanno alti gradienti di "vorticità", il cosiddetto boundary layer. In detto strato la dinamica è governata dalle equazioni di Prandtl. Si intende dunque sviluppare una procedura asintotica nel limite di viscosità nulla e dimostrare la sua validità rigorosa in opportuni spazi di funzioni analitiche.

4. Studio di formazione di singolarità per le equazioni della Fluidodinamica.

4.1. Fluidi ad alto numero di Reynolds interagenti con una frontiera rigida. È ben noto che nei fluidi che interagiscono con frontiere rigide ad alti numeri di Reynolds si innescano una serie di fenomeni che, in ultima istanza, portano al fenomeno della separazione non stazionaria del boundary layer ovvero alla formazione di strutture vorticosi sulla frontiera ed al loro successivo distacco ed immissione nel fluido esterno al boundary layer. È già stato mostrato recentemente, dal gruppo di Palermo in collaborazione con K. W. Cassel dell'I.I.T. di Chicago, come tali interazione siano strettamente legate alla presenza di singolarità complesse nella soluzione di Navier-Stokes. Si intende investigare su come le condizioni al contorno da imporre sulla frontiera possano influenzare la formazione delle singolarità complesse, ed il conseguente comportamento del fluido. Nella fattispecie si vuole investigare sul ruolo delle condizioni al contorno di Navier. Si vuole verificare la presenza di eventuali nuove interazioni viscoso-non viscoso tra boundary layer e fluido esterno o come le stesse interazioni, già presenti nel caso di condizioni di no-slip possano essere modificate.

4.2. Vortex-sheet e regolarizzazioni dell'equazione di Birkhoff-Rott. I flussi di tipo "shear layer" sono caratterizzati da forti variazioni del campo di velocità concentrate in una regione di piccolo spessore, all'interno della quale è presente un'elevata vorticità. Nel limite in cui lo spessore della regione tenda a zero si formano i "vortex-sheet", ovvero flussi in cui la vorticità si concentra su una curva nello spazio. Da un punto di vista matematico i vortex-sheet sono governati dall'equazione di Birkhoff-Rott, per il quale è noto che la soluzione formi in tempi finiti una singolarità nella curvatura della curva. E' possibile continuare l'evoluzione del vortex-sheet oltre il tempo di singolarità applicando alcune opportune regolarizzazioni all'equazione di Birkhoff-Rott (regolarizzazione di tipo vortex-blob o regolarizzazione di tipo Eulero- α), oppure approssimando il moto del vortex-sheet con quello di un vortex layer di dimensione finita. Si intende investigare se le diverse regolarizzazioni ammettano soluzioni diverse nel limite di zero-regolarizzazione, mostrando più in generale come non sia possibile provare l'unicità di soluzione deboli dell'equazione di Eulero per dati iniziali di tipo vortex-sheet.

5. Studio del flusso di Kolmogorov. L'attività di ricerca sarà rivolta allo studio della stabilità e della transizione alla turbolenza per un flusso di Kolmogorov stratificato in densità e sotto l'azione di un campo gravitazionale. Si intende caratterizzare come, all'aumentare del numero di Reynolds, la cascata di successive biforcazioni porti alla comparsa di stati sempre più complessi (da stati oscillatori o traslatori, passando a soluzioni quasi periodiche per arrivare a stati caotici); e capire come tale cascata sia influenzata dagli effetti della stratificazione. Saranno impiegate tecniche di tipo continuazione e proper orthogonal decomposition.

6. Analisi e Controllo di sistemi dinamici. Lo studio ed il controllo di sistemi dinamici caotici

hanno ricevuto negli ultimi decenni un'attenzione via via crescente: ciò sia per l'interesse teorico per la dinamica non lineare che per le notevoli ricadute in ambito applicativo. Con il termine controllo si intende, in generale, l'applicazione ad un sistema caotico di un segnale esterno - di solito piccolo - al fine di ottenere una ben determinata dinamica (stazionaria, periodica o anche caotica). Una caratteristica essenziale del controllo applicato deve ovviamente essere la sua 'robustezza', ossia quanto i risultati dello studio su modelli idealizzati rimangono validi rispetto ai sistemi e alle condizioni reali. L'ambito nel quale si intende lavorare riguarda dunque la progettazione di controlli di tipo feedback (lineare e non lineare) per sistemi caotici. In particolare si studieranno i controlli per la cosiddetta famiglia di Lorenz generalizzata, una famiglia di sistemi caotici dipendenti da un parametro contenente in sé alcuni sistemi caotici di rilevante interesse, quali il sistema di Lorenz, il sistema di Chen e il sistema di Lu. Si prevede di studiare la robustezza del controllo rispetto a possibili ritardi temporali nell'inserimento del segnale: tale studio verrà portato avanti sia da un punto di vista analitico - studiando la possibilità di biforcazioni di tipo Hopf e determinando la corrispondente dinamica sulla varietà centrale al fine di determinare il carattere supercritico o subcritico della biforcazione- che da un punto di vista numerico, in modo da validare i risultati teorici.

B. Meccanica statistica e struttura della materia. L'ambito delle ricerche è lo studio matematico di sistemi complessi fuori dall'equilibrio legati ad applicazioni di vario tipo, con la validazione di modelli macroscopici che mostrino il legame rigoroso tra le diverse scale di descrizione dei sistemi in esame. Una parte rilevante del lavoro di ricerca sarà dedicata allo studio di sistemi multifase di interesse applicativo (es. spray).

2. Fondi con cui si intende attuare le attività di cui sopra.

A. Progetto giovani GNFM-Indam 2016: Comportamenti emergenti ed auto-organizzazione in sistemi iperbolici di reazione-diffusione in ambito biologico ed ecologico, coordinatore Prof. G. Consolo (Università degli Studi di Messina).

3. Livello di internazionalizzazione.

Collaborazioni internazionali:

- A.** -R. Caflisch, Department of Mathematics, University of California, Los Angeles (USA);
- M. Cannone, Laboratoire d'Analyse et de Mathématiques Appliquées, Université Paris-Est, Marne-la-Vallée cedex 2, (France);
- S. Roy Choudhury, Department of Mathematics, University of Central Florida, Orlando (USA);
- M. Haragus, Laboratoire de Mathématiques, Université de Franche-Comté, Besançon cedex (France);
- M. Schonbek, Department of Mathematics, University of California, Santa Cruz (USA).
- B.** Collaborazioni internazionali:- L. Desvillettes, Institut des Mathématiques de Jussieu -Paris Rive Gauche (IMJ-PRG), Université Paris Diderot (Parigi 7) (Francia);
- F. Golse, CMLS Ecole Polytechnique e CNRS Université Paris Saclay (Francia);
- A.J. Pereira da Costa Soares, CMAT Universidade do Minho (Portogallo);
- S. Mei, Université Paris Diderot e Observatoire de Paris (Francia).

MAT/08 Analisi numerica

1. Piano di ricerca per l'anno 2017

A. Metodi numerici per la risoluzione di equazioni differenziali alle derivate parziali time-dependent.

Ricercatori coinvolti: E. Toscano (RU), E. Brugnoli (B).

B. Schemi iterativi per la costruzione di punti fissi e loro applicazioni.

Ricercatori coinvolti: E. Toscano (RU), E. Brugnoli (B) con la collaborazione di C. Vetro (RU Mat/05).

C. Metodi avanzati per l'approssimazione numerica dei segnali.

Ricercatori coinvolti: E. Toscano (RU), E. Brugnoli (B) con la collaborazione di C. Vetro (RU

Mat/05).

D. Metodi dell'analisi numerica affrontati secondo una prospettiva storica.

Ricercatori coinvolti: E. Toscano (RU).

2. Fondi con i quali si intende attuarli

- Fondi GNCS (Indam).

- Fondi a valere su Progetto SERVIFY - Metodi e modelli per l'ingegneria dei servizi di tipo ubiquitous, da far gravare su PON03PE_00132_1. (DICGIM)

- Fondi a valere su Progetto SmartBuildings - Progetto di ricerca industriale finanziato sulla linea d'intervento 4.1.1.1 del PO FESR 2007/2013. (DICGIM)

3. Livello d'internazionalizzazione

D. È prevista la seguente collaborazione internazionale: Prof. Michele Benzi dell'Emory University di Atlanta, U.S.A.

INF/01 Informatica

Si distinguono quattro ambiti di ricerca:

A. Problemi combinatorici e algoritmici degli automi e dei linguaggi formali.

Ricercatori coinvolti: Sabrina Mantaci (PA), Marinella Sciortino (PA), Giuseppa Castiglione (RC), Chiara Epifanio (RC), Gabriele Fici (RTD), Giovanna Rosone (titolare di contratto con UNIPA), Antonio Restivo (CE)

B. Algoritmi, strutture dati e analisi dati per la Bioinformatica.

Ricercatori coinvolti: Raffaele Giancarlo (PO), Giosuè Lo Bosco (RC), Simona E. Rombo (RC)

C. Metodologie e algoritmi per l'analisi di dati in Biomedicina e E-Learning.

Ricercatori coinvolti: Domenico Tegolo (PA), Biagio Lenzitti (RC), Giosuè Lo Bosco (RC), Cesare Valenti (RC), Guido Averna (D)

D. Interazione Multisensoriale.

Ricercatori coinvolti: Davide Rocchesso (PO)

1. Piano di ricerca per l'anno 2017.

A. Problemi combinatorici e algoritmici degli automi e dei linguaggi formali. L'ambito è una delle aree dell'informatica più consolidate, che trae origine da problematiche relative ai primi computer, ai sistemi di comunicazione e ai linguaggi di programmazione. Successivamente, gli sviluppi della tecnologia informatica hanno incrementato la necessità di esplorare nuovi modelli specifici e hanno stimolato nuovi spunti teorici. Quest'area di ricerca si trova al crocevia fra l'informatica teorica, la matematica e le applicazioni. Da un punto di vista matematico, essa utilizza prevalentemente la combinatoria delle parole, ma anche nuovi strumenti concettuali dell'algebra non commutativa, della logica, del calcolo delle probabilità. Il progetto di algoritmi su stringhe ne rappresenta un aspetto complementare, motivato dalle potenziali applicazioni scientifiche che includono, fra le altre, la codifica, la compilazione, la verifica del software, la compressione dati, la bioinformatica e la ricerca del web. Le linee di ricerca riguardano prevalentemente gli aspetti combinatorici e algoritmici degli automi e dei linguaggi, e prendono anche in considerazione alcuni ambiti applicativi. Le specifiche tematiche di ricerca che si intendono sviluppare nel 2017 sono di seguito elencate:

I. Complessità di automi (DFA) e minimizzazione.

Una linea di ricerca correlata riguarda la progettazione di algoritmi efficienti per la costruzione di automi "quasi" minimali per particolari famiglie di linguaggi, come, ad esempio, i linguaggi finiti. Si intende inoltre studiare il problema della scomponibilità di un automa in automi che risultino più semplici dell'originale, ma tali che il risultato delle indipendenti computazioni su testi in input può determinare il risultato della computazione sull'input dell'automa originale. Questo approccio consentirebbe di parallelizzare molte questioni legate agli automi a stati finiti, come per

esempio i problemi di minimizzazione. Molte problematiche connesse a questa tematica sono ancora aperte. Ci proponiamo di affrontare queste questioni da un punto di vista algoritmico e con tecniche proprie della combinatoria delle parole.

2. *Caratterizzazione della più piccola famiglia di linguaggi che contiene i "singleton" ed è chiusa rispetto alle operazioni booleane, al prodotto e allo shuffle.* L'interesse di questo studio è anche legato alle applicazioni dell'operazione *shuffle* all'algebra dei processi ed alla verifica dei programmi. Lo studio dell'operazione *shuffle* conduce a nuovi problemi di combinatoria delle parole connessi, in particolare, ai "quadrati *shuffle*".

3. *Studio e sperimentazione della taglia media (numero di nodi e numero di archi) di CDAWG di stringhe generate da sorgenti i.i.d. di entropia variabile, anche molto piccola.* Esistono in letteratura analisi fatte per stringhe generate da sorgenti i.i.d. di entropia massima al variare dell'alfabeto. Risultati sperimentali preliminari mostrano che la taglia media dei CDAWG si riduce al ridursi dell'entropia anche se non in modo proporzionale, aprendo la possibilità di utilizzo di questa struttura dati su sequenze altamente ripetitive.

4. *Studio della Trasformata di Burrows-Wheeler (BWT) e la sua estensione a multi-set di parole (EBWT).* Siamo interessati a fornire caratterizzazioni combinatorie dei multi-set di parole che possono essere ottenuti tramite queste trasformazioni e, in particolare, a studiare la struttura combinatoria delle parole che sono immagine di multi-set speciali di parole attraverso la EBWT. Si intende inoltre utilizzare la EBWT per trovare soluzioni approssimate di problemi difficili da trattare come, ad esempio, il *Minimum Common String Partition Problem*.

5. *Combinatoria delle parole e loro complessità.* Si vuole continuare il recente studio sulle misure di complessità di parole infinite, con particolare riferimento alla recentemente introdotta definizione di complessità ciclica. Inoltre, intendiamo studiare le proprietà combinatorie delle c.d. "parole di Lyndon universali", quelle cioè in cui ogni coniugata rappresenta uno dei possibili ordini totali definibili sull'alfabeto. Intendiamo inoltre portare avanti la ricerca sulle *prefix normal words* e i legami con il *jumbled pattern matching*, e la ricerca sui fattori aperti e chiusi dal punto di vista anche algoritmico. Infine, si intende continuare lo studio delle proprietà abeliane delle parole, facendo riferimento anche ad aspetti algoritmici.

6. *Misure di similarità tra sequenze.* Si intende proseguire lo studio delle misure di similarità tra sequenze che verranno validate in due contesti applicativi, uno puramente biologico e l'altro connesso con la Linguistica. Nel caso di sequenze biologiche le ricerche saranno svolte in collaborazione con il *Computational Biology Group di Illumina Cambridge Ltd.* Gli studi si concentreranno sull'analisi di data-set molto grandi di frammenti di sequenze biologiche prodotti dal *Next Generation Sequencing*. In particolare, il nostro obiettivo è quello di definire una struttura di indice compresso basato sulla EBWT che utilizza principalmente memoria esterna.

7. *Teoria dei Codici (TC).* Una teoria iniziata da M.P. Schutzenberger negli anni 60, poi ampiamente sviluppata nella combinatoria delle parole e nell'*Information Theory*. Un ruolo applicativo fondamentale hanno i codici prefissi e bi-prefissi, i primi in compressione dati, ed i secondi nella codifica dei file video. Malgrado sia già ampiamente studiata, la TC ha ancora diversi problemi aperti, per esempio lo studio della decomponibilità dei codici prefissi massimali. Sono state date soluzioni per i codici prefissi finiti. È stata inoltre data una soluzione al problema della decidibilità per i codici prefissi razionali, ma senza una prova costruttiva. Non è, ad esempio, ancora noto alcun algoritmo per decidere se un codice razionale si decompone in uno finito.

8. *Polyomini.* Si tratta di oggetti combinatori molto noti poiché legati a problemi complessi come, ad esempio, il tiling del piano. Questi oggetti inoltre trovano applicazioni in fisica come strumento per lo studio dei quasi cristalli. Considerata la difficoltà, nota in letteratura, dei problemi generali sui polyomini (è ancora aperto il problema dell'enumerazione dei polyomini) si programma di approfondire lo studio di particolari classi di polyomini detti *k*-convessi che con le loro proprietà

geometriche e combinatorie ci consentono l'approccio a problemi di generazione esaustiva e di enumerazione rispetto al perimetro e all'area.

B. Algoritmi, strutture dati e analisi dati per la Bioinformatica. L'obiettivo è l'analisi di algoritmi, *pattern discovery* e *machine learning*, con campo elettivo di applicazione in Biologia computazionale e Bioinformatica. Coerentemente con tali competenze, il piano di ricerca per l'anno di riferimento è qui brevemente descritto per punti:

1. Investigazione delle proprietà combinatorie ed informazionali di stringhe e sequenze in ambito "epigenomico". È ben noto che la sequenza di DNA è generatrice del cosiddetto "codice della vita". È altrettanto noto che l'organizzazione intrinseca di tale sequenza gioca un ruolo fondamentale in vari processi biologici, come l'organizzazione della cromatina e le modifiche istoniche. Ad oggi, tuttavia, mancano molti risultati fondamentali che stabiliscono con chiarezza quale sia il ruolo dell'organizzazione intrinseca della sequenza in tali processi. L'attività pianificata per l'anno si concentrerà su studi di *k-meri* (particolari sequenze) all'interno di due processi fondamentali per la biologia: l'organizzazione della cromatina e le modifiche istoniche. I risultati attesi comprendono, ma non sono limitati a, costruzione ed analisi di dizionari "epigenomici" per il posizionamento di "nucleosomi", metodologie di compressione nello spazio di sequenze di classificatori di posizionamento di "nucleosomi", analisi di grafi di dipendenza dei *k-meri* circa l'acquisizione di stabilità di funzione per posizionamento "nucleosomico" e modifiche istoniche.

2. Impatto di algoritmi efficienti nelle scienze della vita. È ben noto che l'informatica abbia dato contributi fondamentali alle scienze della vita, ad esempio nell'ambito del sequenziamento del genoma umano. È altrettanto chiaro che, grazie ai cambiamenti epocali ottenuti attraverso le nuove tecnologie di produzione dati in biologia, sia necessaria un'analisi critica del ruolo degli algoritmi in quest'area. L'obiettivo di questa linea di ricerca è quello di fornire misure dell'impatto dell'informatica sulle scienze della vita e suggerimenti utili per il futuro, anche alla luce di quanto viene sviluppato in ambito BIG DATA e indipendentemente dalla biologia.

3. Clustering, Classificazione Supervisionata e Ingegneria degli Algoritmi. Negli ultimi anni si è maturata una significativa esperienza in molti aspetti legati al *clustering*, alla classificazione e al *pattern discovery* in dati relativi ad esempio a *microarray*, una tecnologia consolidata per esperimenti di biologia, o più in generale per strutture dati quali array bidimensionali impiegati ad esempio nel contesto delle immagini digitali. Le tecniche sviluppate sono ormai mature per essere distribuite sotto forma di software alla comunità internazionale. L'obiettivo di questa linea di ricerca è la realizzazione di tale intento.

4. Modelli di apprendimento approfondito per l'analisi di sequenze. I modelli ad apprendimento approfondito (*Deep Learning Models*) appartengono a una caratterizzazione di metodologie di apprendimento automatico capaci di evitare la fase di *feature engineering*. Essi si implementano principalmente tramite reti neurali artificiali organizzate su svariati livelli progressivi. Si intendono applicare tali modelli al clustering e alla classificazione di sequenze di DNA. Infine, alla estrazione automatica delle caratteristiche delle sequenze per studiarne la complessità in relazione alle diverse specie biologiche che verranno considerate nello studio.

C. Metodologie e algoritmi per l'analisi di dati in Biomedicina e E-learning. L'attività di ricerca sarà concentrata sullo sviluppo di metodologie innovative per l'analisi di strutture dati *n*-dimensionale presenti nel settore biomedico. Le tematiche saranno affrontate in seno alle consolidate teorie del *machine learning* e degli *algoritmi evolutivi* coadiuvate da algoritmi della *computer vision* e dell'*image processing*. Il piano di ricerca per il prossimo anno sarà articolato come segue:

1. L'attività di ricerca nel campo della visione, e più in generale nell'analisi dei dati multidimensionale, trova i propri fondamenti sia nelle tre aree fondamentali della visione artificiale (basso, medio e alto livello) sia nel campo degli algoritmi genetici e dell'apprendimento

computazionale e statistico. Problemi classici come segmentazione, *Feature Detection and Selection*, Classificazione e ricostruzione 3D saranno affrontati sia adottando algoritmi fondamentali della letteratura sia attraverso la definizione e la validazione di nuove e più accurate metodologie orientate a specifici campi di ricerca quali ad esempio algoritmi per la segmentazione basati su metodi di *clustering* e *sparse dictionary*.

2. Data la specificità dei campi di interesse si renderà necessaria l'individuazione e la definizione di nuove metriche e ciò al fine di garantire una più accurata risposta delle metodiche proposte. In particolare i nuovi metodi proposti in letteratura saranno sviluppati, per una loro validazione, su immagini sintetiche e biomediche reali, in cui saranno valutati sia gli aspetti microscopici sia quelli macro, coinvolgendo l'analisi cellulare, l'analisi automatica del fondo retinico, la "*capillaroscopia*" delle mucose e dell'epidermide, la tomografia discreta e le immagini ecografiche fetali. Per la fase di validazione delle metodiche ci si avvarrà della collaborazione di esperti in grado di fornire *ground truth* e annotazioni mediche dei dati reali. Un opportuno sottoinsieme dei dati sarà reso disponibile in modalità "pubblico dominio" per rendere oggettivi i confronti con altre tecniche innovative, nonché facilitare la collaborazione con partner internazionali.

3. Saranno di interesse anche le tematiche affrontate in ambito neuronale. I processi cellulari, alla base delle differenze tra individui della stessa specie per quanto riguarda la capacità della memoria di lavoro, sono essenzialmente sconosciuti. Esperimenti psicologici indicano che i soggetti con capacità di memoria di lavoro inferiore rispetto ai soggetti con maggiore capacità richiedono tempi più lunghi per il recupero degli elementi memorizzati in una lista e inoltre risultano essere più sensibili alle interferenze durante il tempo di recupero dell'informazione. Tuttavia, un collegamento più preciso tra esperimenti psicologici e le proprietà cellulari è ancora carente, e sperimentalmente molto difficile. L'attività di ricerca in tale ambito verterà sull'indagine dei possibili meccanismi di base a livello del singolo neurone usando un modello computazionale di neuroni dell'ippocampo CA1 piramidale, i quali risultano essere profondamente coinvolti nel riconoscimento di specifici elementi. Ci si auspica che i risultati attesi suggeriscano, per la prima volta in letteratura, una spiegazione fisiologicamente plausibile delle differenti prestazioni tra individui.

4. L'obiettivo delle linee di ricerca sarà quello di fornire sia metodiche per l'estrazione dei risultati da dati complessi, sia suggerire linee guida per sviluppi futuri, sia la produzione di grosse moli di dati al fine di individuare complesse correlazioni tra dati eterogenei per ottenere una più omogenea integrazione nell'ambito dei BIG DATA. Un altro aspetto che verrà indagato è, nell'ambito dell'*elearning*, la progettazione e la realizzazione di strumenti dedicati al processo di consapevolezza (*empowerment*) del paziente. La progettazione e realizzazione di tali strumenti, posti al centro dei servizi socio-sanitari, sarà effettuata in modo da essere inclusivi e consentire inoltre ai cittadini di assumere il controllo delle loro necessità mediche.

5. *Modelli di apprendimento approfondito per l'analisi di bioimmagini.* Obiettivo di questa linea di ricerca è quello di investigare su diversi tipi di architetture ad apprendimento approfondito per la soluzione di problemi specifici quali l'identificazione di forme (pattern) in bioimmagini. Si studieranno i modelli ad apprendimento approfondito per la segmentazione semantica delle immagini, con particolare applicazione all'identificazione della localizzazione di proteine PcG sui nuclei delle cellule provenienti da immagini da microscopio.

D. Interazione Multisensoriale. Questa area di ricerca è innovativa per il Dipartimento di Matematica e Informatica poiché proposta dal prof. Davide Rocchesso, di recente assunzione. Si intende affrontare i seguenti argomenti, ma non limitarsi a:

1. Metodi per il design dell'interazione:

Particolare attenzione è riservata all'interazione multisensoriale continua e alla progettazione di meccanismi di accoppiamento percezione-azione. A questo scopo si contribuisce allo sviluppo di un repertorio di esercizi di basic design multisensoriale e si conducono analisi di protocollo

(*linkographic analysis*). Particolare attenzione viene riservata alla fase di produzione di bozzetti (*sketching*) nel design dell'interazione, per la quale si sviluppano metodi e strumenti.

2. Modelli per il suono:

Il *sonic interaction design* si concentra sul suono come veicolo di informazione, significato e caratteri estetico-emozionali in contesti interattivi. La sintesi del suono deve presentare caratteristiche di efficienza, versatilità, e controllabilità in relazione all'interazione tra uomo e artefatto. Un percorso di ricerca riguarda la sintesi per modelli fisici, sia per la simulazione di sistemi acustici esistenti, sia per lo sviluppo di algoritmi, strutture e metodi a supporto della creatività. Un altro percorso di ricerca riguarda l'individuazione di primitive di rappresentazione del suono, sia sul piano tempo-frequenza, sia all'interno di una tassonomia di fenomeni fisici, sia all'interno di una tassonomia di fenomeni articolatori (voce e gesto).

3. Interazione non-visuale:

Nel campo della realtà virtuale ed aumentata, si rivolge particolare attenzione ai display aptici e uditivi. La resa multisensoriale di informazioni complesse (*big data*) viene studiata in contesti interattivi (*data exploration*).

4. Percezione applicata all'interazione uomo-macchina.

Le tecniche della psicologia sperimentale sono applicate allo studio di dispositivi e modalità di interazione. I modelli predittivi dell'interazione uomo-macchina sono sottoposti a verifica sperimentale in diversi contesti sensoriali.

2. Fondi con i quali si intende attuare la ricerca:

A. PRIN 2010-2011 (2010LYA9RH), "*Automi e Linguaggi Formali: Aspetti matematici e Applicativi*" (scadenza febbraio 2016, residuo in corso di assegnazione);

- SIR 2014 (RBSI146R5L), "*Combinatorial methods for analysis and compression of biological sequences*" (scadenza settembre 2018);

- Finanziamenti IndAM/GNCS 2016.

Si intende poi partecipare ai prossimi bandi competitivi PRIN e ERASMUS+.

B. finanziato da tre fonti principali: un fondo d'Ateneo per la ricerca, un PRIN per giovani ricercatori (S. E. Rombo) e diverse partecipazioni a progetti PON e POR di Ateneo (G. Lo Bosco). Si intende perseguire tutte le opportunità che il panorama nazionale offre (FIRB, PRIN, PON, POR). Ovviamente, il successo di tale proposito dipende in primo luogo dalle opportunità offerte attraverso bandi competitivi ed in particolare rispetto alle competenze del gruppo. In ogni caso, il gruppo è attivamente alla ricerca di collaborazioni con gruppi di biologi per stabilire sinergie nei propri ambiti di ricerca per poi poter presentare progetti comuni. A livello di procacciamento di Fondi Europei, il gruppo è parte del laboratorio presso Unipa Infolife del CINI, un consorzio Interuniversitario. Vi è attività in corso per poter partecipare a progetti in ambito H2020.

C. Si sottoporranno i progetti di ricerca illustrati sia in ambito regionale (progetti POR), sia in ambito nazionale (PON/GNCS), sia in ambito europeo (H2020). La partecipazione a tali bandi competitivi non garantirà il buon esito della proposta ma certamente darà visibilità al gruppo nei vari scenari in cui le proposte saranno presentate. Inoltre è d'interesse consolidare le già presenti sinergie sia con i gruppi dei diversi campi medici (oftalmologi, ecografisti, patologi,) che insistono sulle ricerche, sia con lo scenario nazionale e internazionale della Computer Science.

3. Livello d'internazionalizzazione:

A. Elenco dei partner internazionali con cui è attivata una collaborazione per la realizzazione del progetto:

- Université du Québec, Montreal, Canada
- Université Paris-Est, Francia
- Computational Biology Group, Illumina Cambridge Ltd, UK

- Université Paris Nord, Francia;
- Université Paris Diderot, Francia;
- King's College London, Regno Unito;
- Normandie Université, Francia;
- Eötvös Loránd University, Ungheria;
- Universidade Nova de Lisboa, Portogallo;
- University of Helsinki, Finlandia;
- Université Claude Bernard Lyon 1, Francia.

B. Il gruppo è già attivo in questo campo con collaborazioni documentate con IBM T.J. Watson Research Center, Harvard University e National Institute of Health (NIH), USA. Tali collaborazioni, in termini di produzione di lavori scientifici, verranno mantenute e possibilmente ampliate. Essendo le attività internazionali del gruppo rivolte soprattutto verso gli Stati Uniti, ci si pone come obiettivo di medio termine lo sviluppo di collaborazioni all'interno dell'Unione Europea.

C. Il gruppo ha svolto la propria attività ricerca già da anni in collaborazione con diversi enti di ricerca sia nazionale che internazionale, alcune tra queste collaborazioni hanno prodotto contributi letterari e altre hanno permesso di gettare le basi per possibili progetti futuri. In ambito internazionale è da segnalare la collaborazione con l'University of Dundee, che ha prodotto pubblicazioni di articoli su riviste di prestigio. Inoltre, sono in atto collaborazioni con il Dana-Farber Institute di Boston, con la Riga Technical University in Lettonia, con la Ruse University in Bulgaria e con Vilnius Gediminas Technical University in Lituania, con le quali sono stati attivati progetti di interscambio ERASMUS+, si identificheranno le tematiche per una possibile stesura di progetto da presentare su H2020.

D. Le spese per sostenere la ricerca graveranno su progetti attualmente ascrivibili ad altri atenei e pertanto non riportati nella presente scheda.