

PIANO ANNUALE DELLE RICERCHE DEL DIPARTIMENTO DI MATEMATICA E INFORMATICA – ANNO
2015

(DELIBERATO DALLA GIUNTA DI DIPARTIMENTO DEL 9/12/2014)

Le attività di ricerca del Dipartimento si sviluppano trasversalmente lungo tutta l'Area 01 – Scienze matematiche e informatiche con l'eccezione del settore concorsuale A06 (Ricerca operativa). Di seguito le principali tematiche che si prevede di approfondire suddivise per settore scientifico disciplinare.

MAT/01 Logica Matematica

1. Piano di ricerca per l'anno 2015.

Il Dott. N. Gambino concentrerà la sua attività di ricerca secondo le due seguenti direzioni principali:

A. Programma di ricerca “*Univalent Foundations of Mathematics*”, formulato da *Vladimir Voevodsky* (medaglia *Fields* 2002), che ambisce a sviluppare un nuovo approccio ai fondamenti della matematica, basato sui collegamenti tra le teorie dei tipi dipendenti e la teoria dell'omotopia. L'obiettivo è la formulazione di un quadro assiomatico categoriale che permetta di sussumere gli sviluppi del programma di *Voevodsky* e quello dell'algebra omotopica (nel senso di *Quillen*). Un altro obiettivo è di ottenere una più precisa corrispondenza tra le teorie dei tipi dipendenti e i cosiddetti *(infinity,1)-topos* introdotti da *Lurie*.

B. Sviluppare il recente lavoro in collaborazione con *A. Joyal* (“*On operads, bimodules and analytic functors*, arXiv:1405.7270, 92 pagine): ci si propone di trovare applicazioni della teoria generale, in particolare estendendo risultati di *B. Fresse* e di *C. Berger* e *I. Moerdijk* al caso di operadi con molti oggetti e di categorie di bi-moduli.

2. I fondi con i quali si intende attuarli.

Il Dott. Gambino, attualmente in aspettativa per motivi di studio presso l'Università di Leeds (Inghilterra), è sostenuto dai seguenti finanziamenti alla ricerca:

- a. finanziamento di £ 116417 da parte dell'*Engineering and Physical Research Council* (EPSRC);
- b. finanziamento di £ 287604 da parte del *US Air Force Office for Scientific Research*;
- c. finanziamento di £ 304070 da parte della *Templeton Foundation* (insieme a *Michael Rathjen*, *Peter Schuster* e *Olaf Beyersdorff*)

3. Il livello di internazionalizzazione delle attività proposte.

L'attività verrà svolta all'Università di Leeds, in contatto con i maggiori esperti inglesi ed internazionali del settore.

MAT/02 Algebra

Si distinguono due ambiti di ricerca:

A. *Identità polinomiali.*

Ricercatori coinvolti: Antonio Giambruno (PO), Francesca Benanti (RC), Daniela La Mattina (RC), Antonio Ioppolo (D);

B. *Algebra categoriale intrinseca.*

Ricercatori coinvolti: Giuseppe Metere (R).

1. Piano di ricerca per l'anno 2015.

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 analizzeranno alcune algebre speciali al fine di individuare controesempi ad una congettura di *Regev* riguardante il calcolo asintotico delle co-dimensioni di un'algebra;
2. per algebre con super-involuzione si studieranno le corrispondenti varietà a crescita polinomiale e, per le algebra di matrici con super-involuzione orto-simplettica o trasposta, le identità di grado minimo;
3. il legame esistente tra l'involuppo *Grassmanniano* di una opportuna algebra con involuzione e le varietà di algebre con involuzione sarà oggetto di studio;
4. analisi e studio del T_2 -ideale generato dai polinomi Standard graduati, allo scopo di ottenere una nuova caratterizzazione del T_2 -ideale delle identità graduate di ciascuna delle super-algebre semplici;
5. nell'ambito delle algebre graduate da un gruppo finito si cercherà di caratterizzare le corrispondenti varietà a crescita polinomiale.

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.

Un approccio contemporaneo allo studio delle categorie delle strutture algebriche classiche 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. In ambito non abeliano, è relativamente recente l'introduzione della nozione di categoria semi-abeliana.

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. Nella categoria dei gruppi e nella categoria delle algebre di Lie (su un campo K), è stata recentemente introdotta la nozione intrinseca di *butterfly*, quale descrizione dei morfismi deboli di *gruppidi* interni. Si vuole ora investigare la corrispondente nozione in contesti non puntati, quali la categoria degli anelli (commutativi) unitari. Su questa linea, si intendono indagare ulteriormente gli aspetti (co)omologici, omotopici e bi-categoriali delle strutture categoriali interne.

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. I periodi di permanenza e il convegno saranno finanziati dall'università di *Louvain*, dal PRIN "Metodi logici per il trattamento dell'informazione" – Univer. di Salerno, dal GNSAGA - INDAM.

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. A. Regev (Weizmann Institute of Sciences, Israele), S. Mishchenko (Ulyanovsk State University, Russia), M. Zaicev (Moscow State University, Russia).

B. Sono previsti periodi di permanenza con collaborazioni di ricerca presso la Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgio, Università di Coimbra, Portogallo. È inoltre previsto un periodo di permanenza a Milano per l'organizzazione del Convegno Internazionale "3rd Workshop in Categorical Algebra", da tenersi a Gargnano del Garda (BS) nel mese di Aprile 2015.

Si distinguono tre ambiti di ricerca:

A. Fondamenti di Geometria ed Algebre di Lie.

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

B. Geometria algebrica.

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

C. Topologia algebrica

Ricercatori coinvolti: Corrado Tanasi (PO).

1. Piano di ricerca per l'anno 2015.

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

1. s'intendono classificare le algebre di Lie nilpotenti di tipo $\{n, 2\}$ o $\{n, 2, 1\}$ che ammettono un'algebra compatta di derivazioni o, più in generale, 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. gli elementi non-nulli di un *quasifield* formano, rispetto al prodotto, un *loop*. Si intende studiare, relativamente al caso dei *quasifield* topologici, il problema inverso, ovvero quali *loops* sono il *loop* moltiplicativo di un *quasifield*.
4. si vogliono caratterizzare quei disegni che possono essere immersi in un gruppo commutativo in modo che i blocchi siano (esattamente o meno) i sottoinsiemi di k elementi la cui somma è zero.

B. Geometria algebrica. Sono previste tre linee di ricerca, precisamente:

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. Studiare la relazione tra la finita generazione dell'anello di *Cox* di una varietà X ottenuta tramite opportuni scoppamenti di una varietà di *Fano* e la finitezza del gruppo di *Mordell-Weil* della fibrazione ellittica corrispondente.
3. Dare un'opportuna definizione di anello di *Cox* di una curva definita su un campo qualsiasi. Studiare la relazione tra l'anello di *Cox* di una varietà X che ammette una fibrazione ellittica $X \rightarrow Y$ e l'anello di *Cox* della relativa curva ellittica definita sul campo $k(Y)$.

C. Topologia algebrica. Dai risultati ottenuti in un lavoro pubblicato su MAMS sembra ci possa condurre a individuare ulteriori legami tra la topologia selvaggia di 3-varietà e i sistemi dinamici caotici, con l'idea di continuare a trovare nuove vie di contatto tra queste due discipline. L'altro obiettivo è lo studio delle 4-varietà selvagge, lisce e non compatte con frontiera non vuota. Dapprima si dovrà indagare sulle implicazioni topologico-geometriche della connessione semplice all'infinito dei rivestimenti universali delle 3-varietà chiuse. Una delle ricadute che si dovrebbe avere nella prima fase, è il risultato che il rivestimento universale di una qualunque 3-varietà chiusa, irriducibile con gruppo fondamentale infinito, è lo spazio euclideo di dimensione 3. Le implicazioni di questo programma avranno poi varie proiezioni sia in topologia che in teoria dei gruppi.

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

A. Con i fondi del progetto Marie Curie IRSES n. 317721 "*Lie groups, differential equations and geometry*" e con fondi d'Ateneo del progetto "Strutture algebriche, geometriche e combinatorie".

B. Con fondi d'Ateneo del progetto "Strutture algebriche, geometriche e combinatorie".

3. Livello di internazionalizzazione delle attività proposte.

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

- Ungheria (Agota Figula, Debrecen);

- Germania (Karl Strambach, Erlangen);
 - Sud Africa (Rory Biggs, Grahamstown);
 - Cina (Xinyue Cheng, Chongqing);
 - Georgia (Sandro Lashkhi, Tbilisi).
- B.** Le ricerche saranno svolte in collaborazione con colleghi dei seguenti paesi:
- Cile (Antonio Laface, Concepcion).
- C.** Le ricerche saranno svolte in collaborazione con colleghi dei seguenti paesi:
- Francia (gruppo di topologia e dinamica dell'Università di Parigi X).

MAT/04 Matematiche complementari

Si distinguono due ambiti di ricerca:

A. Storia della matematica,

Ricercatori coinvolti: Aldo Brigaglia (PO), Cinzia Cerroni (RC), Alessandra Vaccaro (RC); Nicla Palladino (A); Irene Cottone (D).

B. Didattica della matematica,

Ricercatori coinvolti: Benedetto Di Paola (R), Nicla Palladino /A), Pietro Milici (CE), Rosario Onofrio Battaglia (A).

1. Piano di ricerca per l'anno 2015.

A. Storia della matematica. Sono previste cinque linee di studio, precisamente:

1. Storia della Geometria Algebrica con particolare riferimento alle opere di Cremona e Segre.
2. Le vicende, collegate al tema precedente, relative allo studio delle trasformazioni quadratiche e il loro ruolo nella prima formulazione del concetto di trasformazione birazionale, partendo dai lavori di Magnus e Schiaparelli per concludere con Cremona e Hirst.
3. Le vicende complesse 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 da Steiner a Cremona e Beltrami.
4. La storia dello sviluppo delle geometrie non desarguesiane e non archimedee con quella, ad esse collegate, delle algebre (ottonioni, ecc.).
5. La pubblicazione di carteggi ed altro materiale d'archivio con speciale riferimento a Luigi Cremona e ai matematici napoletani.

B. Didattica della Matematica. Saranno trattate cinque 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.

Con riferimento ai temi di ricerca elencati, sono in corso di elaborazione le seguenti pubblicazioni:

- C. Cerroni, *From the theory of the "congeneric surd equations" to the "Segrès bicomplex"*
- C. Cerroni, *Veronese and the Foundations of Geometry in Italy*
- C. Cerroni, *The correspondence of Luigi Cremona and Placido Tardy of the libraries of Genova.*
- A. Brigaglia, *Fano, Enriques and the Foundations of Projective Geometry in Italy*
- A. Brigaglia, *Corrado Segre e i Fondamenti della Geometria*, in un volume in corso di stampa.
- A. Brigaglia, *Picard e le géométrie italiens*, volume in corso di stampa
- A. Brigaglia, *Corrispondenza Cremona Carducci*
- N. Palladino, *Giovanni Novi's Translation of Amiot's Leçons nouvelles de géométrie élémentaire*

as transitional work.

- M. A. Vaccaro, *Dalle trasformazioni quadratiche alle trasformazioni birazionali. Un percorso attraverso la corrispondenza di Luigi Cremona.*
- N. Pastena, N. Palladino, M.A. Vaccaro *From art to Geometry: aesthetic and beauty in the learning process.*
- N. Palladino, M. A. Vaccaro, *From the straight line of Simson-Wallace to the tricuspoid hypocycloid. The history of an elementary subject that fascinated famous mathematicians attraverso la corrispondenza di Luigi Cremona.*
- Fazio, C., Battaglia, O.R., Di Paola B., *Investigating the mental models undergraduate science/engineering students deploy in creating explanations*, Physical review special topics (in attesa di pubblicazione)
- Di Paola, B., *Epistemological issues and cultural aspects related to mathematical teaching approaches in classes*, UNO, 2015 (in attesa di pubblicazione)
- Di Natale, M., Di Paola, B., *Mathematic and Music a useful dialog for mathematics competences*,
- Battaglia, O.R., Di Paola, B, Fazio, C., *Cluster analysis of teachers mental models in Mathematics and Science*
- N. Palladino, *Sviluppo dell'intelligenza logico-numerica attraverso il potenziamento di percorsi di psicomotricità*, in collaborazione con l'Università di Salerno.

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

A. Fondi FFR di Ateneo;

B.1. "Motivating Methods and Materials in Maths and Science: Dissemination/ MSc4AI" – reference 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 di 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) e quello che lavora a Barcellona (Spagna), 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 quattro ambiti ricerca:

A. *Teoria degli operatori e delle algebre di operatori*,

Ricercatori coinvolti: Camillo Trapani (PO), Francesco Tschinke (RC), Giorgia Bellomonte (A); Salvatore Di Bella (D);

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

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

C. *Punti fissi, punti di migliore approssimazione, punti critici.*

Ricercatori coinvolti: Pasquale Vetro (PO), Diego Averna (PA), Attilio Rao (PA), Elisabetta Tornatore (RC), Francesco Tulone (RC), Calogero Vetro (RC);

D. *Equazioni differenziali alle derivate parziali*,

Ricercatori coinvolti: Giulio Ciraolo (RC), Francesca Dalbono (RC).

1. Piano di ricerca per l'anno 2015.

A. Oltre che proseguire sulla linea di ricerca tradizionale del gruppo, si intende studiare una classe di operatori di *Schroedinger* non auto-aggiunti, con spettro reale e discreto, che ammettono una base di *Riesz* di auto-vettori e le relazioni di similarità generalizzata che possono intercorrere tra questi operatori e gli operatori auto-aggiunti in spazi di *Hilbert*. Risultati sull'argomento sono noti nel caso di condizioni al bordo periodiche o anti-periodiche, ma si ritiene che la proprietà in questione non dipenda in maniera stretta dalle condizioni al contorno ma da proprietà di distribuzione spaziale degli auto-valori. Tale argomento di ricerca può trovare importanti applicazioni nella cosiddetta "Pseudo-Hermitian Quantum Mechanics". Questo approccio non tradizionale alla meccanica quantistica è, in questo momento, perseguito da fisici (sia teorici, sia sperimentali) e da matematici per gli aspetti connessi alla teoria degli operatori.

B. 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 in collaborazione con *K. Musiał* e *V. Kadets*, s'intendono ottenere, tra l'altro, teoremi di rappresentazione di multi-misure mediante multi-funzioni integrabili nel senso di *Aumann* o di *Pettis*, o più in generale, nel senso di *Henstock* nel caso di multi-misure d'intervallo finitamente additive.

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 operatori non lineari. Problemi relativi a processi di integrazione non assolutamente convergenti. Studio di un modulo dipendente dai funzionali del duale di uno spazio di *Banach*, che generalizzi l'integrazione rispetto a misure vettoriali. Studio di proiezioni non lineari.

C. Sono previste tre linee di ricerca, più precisamente:

1. (*D. Averna*, *E. Tornatore*) Si studieranno sistemi ordinari non lineari contenenti il (p_1, \dots, p_n) -Laplaciano con condizioni miste al bordo ottenendo risultati di esistenza di infinite soluzioni sotto un'opportuna ipotesi di oscillazione sul termine non lineare. Tale ricerca intende studiare l'esistenza di soluzioni multiple per questi sistemi sotto opportuna condizione del termine non lineare con l'obiettivo di generalizzare i risultati ai sistemi contenenti il (p, q) -Laplaciano con condizioni di *Dirichlet* in dimensione con $1 < p < n, 1 < q < n$.

2. (*C.* e *P. Vetro*) Estensione della teoria dei punti fissi ad ambiti astratti, indipendentemente dall'esistenza di modelli di calcolo e/o situazioni pratiche. Applicazione delle tecniche proprie della teoria dei punti fissi a problemi integro-differenziali di interesse reale. In particolare, si studieranno gli schemi iterativi per la costruzione di punti fissi: dalla successione di *Picard* alle iterazioni di tipo *Ishikawa*.

3. (*A. Rao*, *F. Tulone*) Si studieranno alcune questioni riguardanti i punti fissi per mappe non espansive, collegati alla risoluzione di problemi differenziali non lineari. Inoltre, si studieranno taluni problemi non lineari cercando l'esistenza di soluzioni multiple nella forma variazionale.

Ulteriori possibili argomenti di studio riguarderanno l'Analisi reale e alcuni problemi inerenti il C.d.V..

D. Distinguiamo due linee di ricerche:

1. (G. Ciraolo) Studio delle simmetrie e delle simmetrie approssimate in problemi sovradeterminati relativi ad equazioni alle derivate parziali e in problemi di rigidità per iper-superfici in spazi a curvatura costante, ma anche studio di risonanze anomale e problemi di "cloaking" in elettromagnetismo e acustica e studio di problemi numerici relativi alla propagazione elettromagnetica in domini illimitati.

2. (F. Dalbono) 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*, e studio di esistenza e molteplicità di soluzioni radiali per un problema di *Dirichlet* di tipo concavo-convesso, associato ad un'equazione ellittica in una palla di \mathbf{R}^n in presenza di pesi indefiniti e dell'operatore p -Laplaciano.

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

A. GNAMPA-INDAM (responsabile G. Bellomonte) del quale intende chiedere il rinnovo.

B. FFR 2012/2013.

C1 & C2. FFR 2012/2013 (titolare C. Vetro).

C2. International Research Group Project no IRG14-04, King Saud University (responsabile locale C. Vetro, responsabili della King Saud Univ. Mohamed Jleli, & Bessem Samet).

C3. Fondi GNAMPA

D1. GNAMPA, FIRB, e fondi NSF di ricercatori della University of Texas (Austin).

3. Livello di internazionalizzazione delle attività proposte.

A. Il gruppo, insieme a colleghi del DEIM e del Dipartimento di Fisica e Chimica sta organizzando un convegno internazionale su questi temi che si svolgerà a Palermo dal 18 al 23 Maggio 2015. Il convegno ha ricevuto sostegno finanziario dai gruppi GNAMPA e GNFM dell'INDAM. L'attività di ricerca si è svolta tradizionalmente nell'ambito di diverse collaborazioni internazionali (Belgio, Grecia, Giappone, Germania) che si intende mantenere e sviluppare.

B2. Cooperazione scientifica con Udayan B. Darji dell'Università di Louisville (USA) e Kazimierz Musial dell'Università di Wroclaw (Polonia).

B3. Cooperazione scientifica con Coenraad Labuschagne, South Africa.

B4. Cooperazione scientifica con G. Lewicki dell'Università di Cracovia.

C2. Collaborazioni con i Professori Mohamed Jleli e Bessem Samet della King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia. Ulteriori collaborazioni internazionali sono in essere con studiosi appartenenti ai principali centri di ricerca in teoria dei punti fissi.

C3. Parte della ricerca si avvarrà della collaborazione di ricercatori delle Università di Catania e Messina che fanno riferimento a ricercatori della Repubblica Popolare Cinese di Taiwan, ma anche del Giappone e dell'India. Per gli argomenti di Analisi reale è prevista la collaborazione con V. Skortsov dell'Università di Mosca.

D1. G. Ciraolo è attualmente visiting al I.C.E.S. della University of Texas at Austin dal 1/11/2014 al 31/5/2015, e i suoi collaboratori lavorano per la maggior parte in università straniere (Stati Uniti, Francia, Corea del Sud, Giappone).

D2. Visiting presso il Centro de Matemática e Aplicações Fundamentais dell'Università di Lisbona per un periodo di circa 2 mesi.

MAT/06 Probabilità e Statistica Matematica

1. Piano di ricerca per l'anno 2015.

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

A. *Interpretazioni probabilistiche del quadrato delle opposizioni e dei sillogismi aristotelici.*

Si studieranno diverse interpretazioni probabilistiche delle proposizioni presenti negli angoli del quadrato delle opposizioni e in alcuni sillogismi aristotelici di base. In particolare, partendo da un'assegnazione di probabilità imprecisa su una data famiglia di eventi condizionati (premesse) e da alcuni vincoli probabilistici (condizione di importo esistenziale), si calcoleranno le funzioni che definiscono i limiti di probabilità inferiori e superiori per un particolare evento condizionato (conclusione). A tal proposito sarà necessario rivedere le nozioni di coerenza, g -coerenza e coerenza totale per valutazioni imprecise di probabilità che possono anche non essere intervallari.

Inoltre, si analizzeranno i risultati ottenuti sulle interpretazioni probabilistiche dei sillogismi nel quadro delle regole di inferenza tipiche del ragionamento non-monotono.

B. *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 vorranno studiare le proprietà di distribuzioni di probabilità che "imitino" la frequenza soltanto per valori che stanno in un fissato intervallo e che coinvolgono eventi cosiddetti scambiabili. La costruzione non parametrica di tali distribuzioni si baserà sul teorema fondamentale delle probabilità di "de Finetti". Verrà realizzato un software in Matlab che consente di ottenere visualizzare i vari grafici delle distribuzioni interessate. Infine, si cercherà di calcolare analiticamente la distribuzione limite della frequenza relativa di successi.

C. *Una misura di informazione per assegnazioni parziali.* Nell'ambito delle regole di punteggio proprie (proper scoring rules) si studieranno le proprietà di una misura dell'informazione (extropia) contenuta in una distribuzione di probabilità che è duale e complementare alla ben nota entropia. Badandosi sulle definizioni di entropia e di extropia si cercherà di definire un'ulteriore funzione che consenta di misurare l'informazione contenuta in un'assegnazione parziale di probabilità, ovvero un'assegnazione di probabilità su una famiglia arbitraria di eventi. Si studieranno alcune proprietà di tali funzioni sfruttando risultati ottenuti sulla divergenza di *Bregman*.

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

A. Si utilizzeranno i fondi rimanenti del finanziamento di Ateneo FFR2012 e i fondi per la realizzazione di una serie triennale di Conferenze di ricerca trilaterali sul tema "Rationalité Humaine : Les Points de Vue Probabilistes" approvato dalla Commissione italo-franco-tedesca di "Villa Vigoni".

B. Se la richiesta viene approvata, si utilizzeranno fondi CORI (Cooperazione Internazionale) 2014.

Livello d'internazionalizzazione

A. Questo programma sarà svolto in collaborazione con il Prof. Angelo Gilio dell'Università "La Sapienza" di Roma e con il dott. "Niki Pfeifer" dell'Università di Monaco (Germania). La tematica trattata in questo punto rientra nel suddetto progetto di ricerca dal titolo "Rationalité Humaine : Les Points de Vue Probabilistes" del quale il sottoscritto è coordinatore per l'Italia e che coinvolge quattro studiosi provenienti dall'Italia, cinque dalla Francia, sei provenienti dalla Germania e sette studiosi di fama internazionale.

B & C. Questo programma sarà svolto in collaborazione con il Prof. 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), Gaetana Gambino (RC), Vincenzo Sciacca (RC), Rachele Barresi (D), Valeria Giunta (D), Giordano Ponetti (D), Francesco Gargano (CE), Salvatore Lupo (CE);

B. Meccanica statistica e struttura della materia.

Ricercatori coinvolti: Valeria Ricci (RE).

1. Piano di ricerca per l'anno 2015.

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. 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.

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. 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.

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. I principali temi che s'intendono affrontare sono: uno studio asintotico di sistemi ad alto numero di componenti, con applicazioni; modellistica differenziale per sistemi a molte componenti; problemi di meccanica statistica del non equilibrio; problemi di omogeneizzazione.

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

A. - Progetto giovani GNFM-Indam 2014: Analisi e controllo di strutture morfologiche spaziali in modelli di tipo reazione-diffusione con applicazioni industriali, coordinatore Deborah Lacitignola, Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale.

· FFR 2012/13: Metodi asintotici ed analitici in fluidodinamica, coordinatore Prof. Marco Sammartino.

B. - FFO 2013 (titolare V. Ricci, scadenza febbraio 2015).

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.** - ENS di Cachan e l'Ecole Polytechnique (Francia),
- Universidade do Minho (Portogallo).

Visite presso istituti esteri:

- M. Sammartino, Agosto 2014-Gennaio 2015, Visiting Faculty presso University of Southern California, Los Angeles (USA);
- MC. Lombardo, Agosto 2014-Gennaio 2015, Visiting Faculty presso University of California, Los Angeles (USA);
- R. Barresi, Settembre 2014-Dicembre 2014, Laboratoire de Mathématiques, Université de Franche-Comté, Besançon cedex (France).

MAT/08 Analisi numerica

1. Piano di ricerca per l'anno 2015.

La principale attività di ricerca della Dott.ssa Elena Toscano riguarderà lo studio dei metodi numerici per la risoluzione di equazioni differenziali alle derivate parziali *time-dependent*.

In particolare, nell'ambito della risoluzione numerica di PDEs *time-dependent*, si vogliono eseguire dei confronti tra vari metodi risolutivi alle differenze studiando la convergenza teorica (condizionamento del sistema e costo computazionale) dei processi a seconda della discretizzazione spaziale utilizzata e realizzando un *software* numerico adeguato che possa evidenziare come le applicazioni rispondano ai risultati teorici trovati.

Infine, un'ulteriore linea di ricerca sarà finalizzata allo studio dei metodi dell'analisi numerica affrontati secondo una prospettiva storica.

2. I fondi con i quali si intende attuarli.

- Fondo Finalizzato alla Ricerca (FFR) 2012-2013: *Metodi numerici per la risoluzione di equazioni differenziali alle derivate parziali time-dependent*.
- Fondi GNCS (Indam).
- Fondi a valere su Progetto *Cesta – Cyber Enterprise for solar Thermodynamics Applications*. Progetto di ricerca industriale finanziato sulla linea d'intervento 4.1.1.1 del PO FESR 2007/2013 (Regione Siciliana, emanato con D.D.G. n. 4591 del 26/10/2011 dall'Assessorato Attività Produttive).
- Fondi a valere su Progetto *ON SICILY.COM – Piattaforma 3.0 con Assistente Virtuale Intelligente A.V.I.*. Progetto di ricerca industriale finanziato sulla linea d'intervento 4.1.1.1 del PO FESR 2007/2013 (Regione Siciliana, emanato con D.D.G. n. 4591 del 26/10/2011 dall'Assessorato Attività Produttive).
- Fondi a valere su Progetto *SmartBuildings - Un sistema di Ambient Intelligence per l'ottimizzazione delle risorse energetiche in complessi di edifici*. Progetto di ricerca industriale finanziato sulla linea d'intervento 4.1.1.1 del PO FESR 2007/2013.
- Fondi a valere su Progetto *SeNSori - Sensor Node as a Service for hOme and buildings eneRgy*

savIng. Progetto di ricerca industriale finanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico nell'ambito dell'iniziativa "Industria 2015: Bando Nuove Tecnologie per il Made in Italy" (progetto ammesso alle agevolazioni con D.M. n. 00029MI01 del MiSE del 4/8/2011).

- Fondi a valere su Progetto *F.R.A.S.I. - FRamework for Agent-based Semantic-aware Interoperability*. Progetto di ricerca industriale e formazione presentato a valere sul Fondo per le agevolazioni della ricerca (FAR) del Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca in base al D.M. 8 agosto 2000, n. 593 recante: "Modalità procedurali per la concessione delle agevolazioni previste dal decreto legislativo 27 luglio 1999, n. 297" dal Consorzio SIRIO "Sinergie per l'Innovazione nella Ricerca, nella Industria e nelle organizzazioni" e dall'Istituto di Calcolo e Reti ad Alte prestazioni (ICAR) del CNR, Palermo.

3. Livello d'internazionalizzazione.

Sono previste le seguenti collaborazioni internazionali:

- Prof. Michele Benzi dell'Emory University di Atlanta, U.S.A..
- Dott. Laurent Demaret dell'Institut für Biomathematik und Biometrie dell'Helmholtz-Zentrum di Monaco, Germania.

INF/01 Informatica

Si distinguono quattro ambiti di ricerca, precisamente:

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

Ricercatori coinvolti: Antonio Restivo (PO), Sabrina Mantaci (PA), Marinella Sciortino (PA), Giuseppa Castiglione (RC), Chiara Epifanio (RC), Gabriele Fici (R), Giovanna Rosone (A).

B. *Fondamenti del soft computing e scienze cognitive.*

Ricercatori coinvolti: Settimo Termini (PO), Marco Elio Tabacchi (A), Francesco D'Aleo (B), Michele Fiordispina (B), Sergio Perticone (B), Valerio Perticone (B), Giovanni Rizzo (B), Fabio D'Asaro (CE), Mattia Di Gangi (CE).

C. *Algoritmi, strutture dati e analisi dati per la Bioinformatica.*

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

D. *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), Giuseppa Sciortino (D), Guido Averna (D), Emiliano Spera (B).

1. Piano di ricerca per l'anno 2015.

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 ed 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 2015 sono di seguito elencate:

1. *Minimizzazione di automi a stati finiti deterministici (DFA).* Si tratta di un problema classico

nella teoria degli automi. La sua importanza è dovuta alle sue applicazioni nella trasformazione e analisi di testi, nell'analisi delle immagini, nella linguistica computazionale, in bioinformatica, ecc. Si intende proseguire l'analisi e il confronto di alcuni algoritmi di minimizzazione classici: algoritmi di Moore, di *Hopcroft* e di *Brzozowski*. 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.

2. Caratterizzazione della più piccola famiglia di linguaggi che contiene i "singleton" ed è chiusa rispetto alle operazioni booleane, al prodotto ed 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 finite e infinite. Si vuole infine 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. Infine, intendiamo portare avanti la ricerca sulle *prefix normal words* e i legami con *pattern matching* commutativo, e la ricerca sui fattori aperti e chiusi dal punto di vista anche algoritmico.

6. Misure di similarità tra sequenze. Le nuove misure proposte verranno validate in due contesti di applicazioni, 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. E' 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. Fondamenti del soft computing e scienze cognitive. Sono due ambiti d'attività distinti:

1. Fondamenti del Soft Computing:

a) analisi di alcuni aspetti innovativi del Soft Computing al fine di mettere in evidenza aspetti critici di sviluppi recenti. In sintesi, questo aspetto riguarda l'uso di tecniche *fuzzy* in campi e settori nuovi e insoliti (come le scienze umane e le teorie dell'arte) evidenziando differenze e somiglianze metodologiche;

b) attività editoriale nella rivista "Archives for Philosophy and History of Soft Computing" (aphsc.org), che si propone come uno spazio per discutere temi al confine tra discipline diverse (la rivista vede uno dei componenti del gruppo nell'editorial board, ed un altro nel ruolo di assistant editor);

c) progettazione di una collana di libri elettronici di riflessione sul metodo scientifico e l'impatto della scienza sulla società;

d) progetto POSING in collaborazione con TD Group (Pisa): progettazione e realizzazione prototipale di un sistema stabilometrico/isocinetico per la riabilitazione, ideazione e programmazione di algoritmi soft computing per le simulazioni relative al funzionamento di base, e fase di testing (iniziato a gennaio 2014, vedrà la sua fine naturale a giugno 2015; successivamente si dovrà preparare la rendicontazione del progetto, le pubblicazioni relative ai risultati ottenuti, la demo delle macchine realizzate per il progetto);

e) attività in laboratorio di Stampa 3D: laboratorio didattico per gli ultimi anni delle scuole superiori, demo della stampante, spiegazioni teoriche e pratiche sul funzionamento e sui problemi connessi alle tecnologie relative;

f) NATHAN / WE-BE Project: progetto europeo presentato all'Open Call FP7 per la realizzazione di un sistema di supporto per le decisioni sagge, da utilizzare come *plugin* per i sistemi DSS di decisione;

g) Saturday's Scientific Conversations 2015: conferenza interdisciplinare dedicata ai giovani ricercatori su temi legati alla logica fuzzy ed ai suoi riflessi sulle altre discipline.

2. Scienze cognitive:

a) Topologia dei social network (in collaborazione con Audacia Srl, Torino, Milano): l'attività si concentrerà sullo studio delle topologie, reali e simulate, utilizzate nel principale social network, e sulle conseguenze che le dinamiche evolutive di questa topologia hanno sulla robustezza e resilienza del network; ulteriori sviluppi della ricerca riguarderanno le topologie utilizzate ai problemi legati alla sicurezza delle informazioni personali, ed alla percezione della sicurezza;

b) Logica Intuizionistica: l'attività si concentrerà sullo studio della percezione dei condizionali in situazione di teoria dei giochi;

c) applicazioni mobili e ludiche per l'apprendimento: l'unità continua lo sviluppo di applicazioni ludiche (*serious games*) destinate alla conferma sperimentale di un'ipotesi sulla differenza nelle decisioni strategiche nei generi legata alla psicologia evoluzionistica e all'apprendimento delle strutture formali note come DFA, elementi fondamentali della Teoria dell'Informazione. Oltre a

questo continuerà lo sviluppo di una applicazione mobile per la lettura di riferimenti bibliografici e documenti correlati in formato BibTeX.

C. 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 ed 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.

D. 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.

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 biomediche in cui saranno valutati sia gli aspetti microscopici e 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.

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 sconosciute. 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.

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

A. - FFR 2012, "*Linguaggi Formali e Automi: Strutture Matematiche e Orientamenti Applicativi*" (scadenza Giugno 2015);

- PRIN 2010-2011 (2010LYA9RH), "*Automi e Linguaggi Formali: Aspetti matematici e App.*" (scadenza Febbraio 2016);

B1.a – finanziato con fondi propri;

B1.b – co-finanziato dall'ECSC (Spagna);

B1.c – co-finanziato dall'ECSC (Spagna);

B1.d – P.O. F.E.S.R. 2007-2013, Linea 4.1.1.1bis;

B1.e – finanziato con fondi propri;

B1.f – richiesta di finanziamento all'Open Call FP7-EU presentata a settembre 2014;

B1.g – richiesta di finanziamento al DAAD del governo tedesco ed alla fondazione Volkswagen;

B2.a – proposta di finanziamento sulla linea PON 2015-2020;

– richiesta di finanziamento per progetto CreAZIONE della Regione Siciliana;

B2.b – finanziato dall'Università di Monaco;

B2.c – finanziato su fondi P.O. F.E.S.R. 2007-2013;

C – 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). Per il 2014/15, 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.

D. Si sottoporranno i progetti di ricerca illustrati sia in ambito regionale (progetti POR), sia in ambito nazionale (PON), 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'internalizzazione:

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

- Laboratoire de combinatoire et d'informatique mathématique (LaCIM), Université du Québec, Montreal, Canada
- Laboratoire d'informatique Gaspard-Monge, Université Paris-Est, Francia
- Computational Biology Group, Illumina Cambridge Ltd, UK
- Ural Federal University, Russia;
- Cheriton School of Computer Science, University of Waterloo, Canada;
- University Paris Nord 13, Francia;
- Laboratoire d'Informatique Algorithmique: Fondements et Applications (LIAFA), Université Paris Diderot, Paris 7, Francia;
- King's College, Londra, UK;
- Laboratoire d'Informatique, de Traitement de l'Information et des Systèmes (LITIS), Normandie Université, Francia;
- Eötvös Loránd University, Budapest, Ungheria;
- Université Claude Bernard Lyon 1, Francia;

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

1.a - gruppo di ricerca di Enric Trillas all'ESCS - Mieres, Asturias, Spagna;

- Rudolf Seising, Università di Jena, Germania;

1.b - Alejandro Sobrino e Martin Pereira Fariña, Università di Santiago de Compostela, Spagna;

1.c - in collaborazione con ECSC;

1.f - in collaborazione con le università di Magdeburg, Trier e Jena, Germania, Fachhochschule Nordwestschweiz, Svizzera e Università di Trieste;

1.g - in collaborazione con le università di Goettingen e Jena, Germania, e l'Università di Uppsala;

2.b - in collaborazione con Niki Pfeifer, Università di Monaco, Germania.

C. 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. Inoltre, è già in programma una visita da parte di ricercatori di NIH presso il DMI. Essendo le attività internazionali del gruppo rivolte soprattutto verso gli Stati Uniti, ci si pone come obiettivo di medio termine, non da realizzare nel 2015, lo sviluppo di collaborazioni all'interno dell'Unione Europea, eventualmente anche nell'ambito del programma Marie Curie.

D. 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 ed altre hanno permesso di gettare le basi per possibili progetti futuri. In ambito internazionale 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 la Brunel University di Londra, con la Riga Technical University, con l'Università di Firenze e con la Ruse University in

Bulgaria per la stesura di un proposta di progetto da presentare a H2020.