



**Scheda di proposta per progetto di ricerca sviluppato da Gruppo di Ricerca Anno
2021**

TITOLO DELLA RICERCA

**Information-Theoretic Characterization of the
Dynamics of Biological and Engineered
Networks (InTheNet)**

PAROLE CHIAVE

1	Statistical signal processing
2	Information Theory
3	Brain and physiological interactions
4	Electromagnetic fields and electronic oscillators

PROPONENTE/COORDINATORE

COGNOME E NOME

Faes Luca

RUOLO
E-MAIL

Professore Associato

luca.faes@unipa.it

SSD

ING-INF/06

RICERCATORI DEL DIPARTIMENTO PARTECIPANTI

N.	COGNOME E NOME	RUOLO	SSD
1	Faes Luca	PA	ING-INF/06
2	Pernice Riccardo	RTDa	ING-INF/06
3	Cino Alfonso Carmelo	RU	ING-INF/02
4	Stivala Salvatore	PA	ING-INF/01
5	Mangione Stefano	RU	ING-INF/03
6	Sammartino Marco Maria Luigi	PO	MAT/07



7	Valenti Angela	PO	MAT/02
8	Pavone Marco	PA	MAT/05
9	Spadaro Santi Domenico	PA	MAT/03
10	Dalla Riva Matteo	PA	MAT/05

RICERCATORI ESTERNI PARTECIPANTI

N.	COGNOME E NOME	RUOLO	UNIVERSITA'/ORGANIZZ. ESTERNA
1	Marinazzo Daniele	Full professor	Ghent University (Belgio)
2	Minati Ludovico	Senior Researcher	Institute of Innovative Research, Tokyo Institute of Technology (Giappone)
3	Mijatovic Gorana	Assistant Professor, Researcher	University of Novi Sad (Serbia)
4	Javorka Michal	Full Professor	Comenius University in Bratislava, Martin (Slovacchia)

SCOPO, DESCRIZIONE E RISULTATI ATTESI DELLA RICERCA

Stato dell'arte (max 10 righe):

La comprensione del comportamento dinamico di reti naturali o ingegnerizzate, quali le reti neurali e cerebrali, le reti di sistemi fisiologici o le reti di oscillatori elettronici accoppiati, è cruciale per spiegare il meccanismo fisico/biologico sottostante e definire nuove tecniche di progetto o di controllo. Poiché molte reti, anche se di dimensione e scala spaziale diverse, tendono ad evolvere nel tempo secondo leggi statistiche simili, la letteratura propone approcci unificati per studiarne il funzionamento dinamico. In questo contesto, il framework di *information dynamics* utilizza la teoria dell'informazione per quantificare la dinamica di reti complesse a partire dai segnali prodotti da ogni nodo. Sebbene l'utilità di questo strumento sia già stata dimostrata sulle reti neurali, fisiologiche ed elettroniche, estensioni teoriche e applicative sono in via di sviluppo per favorire la capacità di descrivere proprietà oscillatorie e tempo-varianti.

Obiettivi, ipotesi e metodologia (max 12 righe):

Il progetto si propone di sviluppare nuovi strumenti per lo studio della dinamica di reti complesse, e di utilizzarli per caratterizzare le proprietà funzionali di reti cerebrali, fisiologiche ed elettroniche. Il framework di *information dynamics*, proposto di recente dal gruppo di ricerca, utilizza misure di entropia per quantificare l'informazione generata o immagazzinata in ciascun nodo della rete, e trasferita tra i vari nodi. Nel progetto, il framework verrà ulteriormente sviluppato per consentire la misura locale, nel tempo ed in frequenza, dell'informazione processata dalla rete in esame. Inoltre, verrà applicato per lo studio di reti cerebrali a partire da segnali EEG e di risonanza magnetica funzionale (fMRI), di reti cardiovascolari a partire da segnali ECG, di pressione arteriosa e di respirazione, di reti di sensori per il monitoraggio dei campi elettromagnetici e di reti di oscillatori elettronici caotici. La fattibilità del progetto è assicurata dalla disponibilità di algoritmi di analisi e database pre-esistenti, e dal coinvolgimento di ricercatori esterni tramite collaborazioni già attivate per ogni attività prevista dal progetto.



Università
degli Studi
di Palermo

Dipartimento di Ingegneria
Direttore: prof. Giovanni Perrone



Risultati attesi (max 5 righe):

Il progetto si propone di fornire alla comunità scientifica nuovi strumenti per l'analisi teorica e quantitativa di serie temporali multiple acquisite da reti complesse, e di sfruttarli per caratterizzare la struttura modulare di connettività cerebrale misurata tramite fMRI, la regolazione fisiologica nei pazienti con malattie cardiovascolari, ed il progetto di sistemi di *sensing* distribuiti basati su sensori di campi elettromagnetici o oscillatori elettronici accoppiati.

Caratteristiche di interdisciplinarietà del progetto (max 5 righe):

Il progetto è fortemente interdisciplinare tra diverse aree della matematica (MAT/02-03-05-07) e dell'Ingegneria dell'Informazione (ING-INF/01-02-03-06), in quanto propone lo sviluppo di concetti teorici nel contesto della Teoria dell'Informazione ed il loro impiego in ambito biomedico (fisiologia, neuroscienze computazionali) e nei settori dell'elettronica, elettromagnetismo e sistemi di comunicazione (sensori indossabili, sistemi wireless, oscillatori, segnali fMRI).

PUBBLICAZIONI PREVISTE (art. 13 del Regolamento Per il Sistema di Incentivazione, Sostegno, e Premialità della Ricerca dipartimentale)

- P1:** pubblicazione metodologica (*measures of high-order interactions in complex systems*), Physical review E (Q1)
P2: pubblicazione metodologica (*spectral analysis of information dynamics*), IEEE Transactions on Signal Processing (Q1) or IEEE Transactions in Biomedical Engineering (Q1)
P3: pubblicazione metodologica (*time-varying analysis of information dynamics in highdimensional networks*), IEEE Access (Q1) o IEEE Transactions in Biomedical Engineering (Q1)
P4: pubblicazione applicativa - dati fMRI (*modularity of brain networks*), Neuroimage (Q1)
P5: pubblicazione applicativa - reti fisiologiche (*cardiac and respiratory oscillations*), Frontiers in Neuroscience (Q1) o Frontiers in Physiology (Q2)
P6: pubblicazione applicativa - monitoraggio dell'intensità dei campi elettromagnetici (*information dynamics of electromagnetic field in time series from distributed systems*), Entropy (Q2)
P7: pubblicazione applicativa - oscillatori elettronici (*information dynamics in coupled chaotic oscillators*), Chaos (Q1) o Sensors (Q2)

Si prevede inoltre di organizzare una special issue, sulla rivista *Entropy* (MDPI) oppure *Frontiers in Network Physiology*, con lo stesso titolo del presente progetto, coinvolgendo i ricercatori partecipanti (del Dipartimento ed esterni) come Guest Editor e/o autori.

INDICAZIONI SUL SODDISFACIMENTO DEI CRITERI DI CUI ALL' ART. 15 DEL
REGOLAMENTO PER IL SISTEMA DI INCENTIVAZIONE, SOSTEGNO E PREMIALITÀ DELLA
RICERCA
DIPARTIMENTALE

- a) Il gruppo di ricerca è composto da ricercatori appartenenti a otto SSD diversi del DI. Tutte le pubblicazioni previste saranno co-autorate da almeno tre membri del gruppo di ricerca appartenenti a SSD del DI diversi.



- b) I ricercatori appartenenti alle quattro istituzioni estere indicate verranno coinvolti attivamente nella ricerca e saranno co-autori in tutte le pubblicazioni programmate (Ghent: P1,P4; Tokyo: P3,P7; Novi Sad: P2,P6,P7; Martin: P2,P5).
- c) Al gruppo di ricerca partecipano soggetti appartenenti a SSD con bassa produttività, ad es. MAT/02 e ING-INF/02 che, dai dati discussi dal Consiglio Scientifico di Ingegneria, presentano un rapporto tra numero di prodotti VQR e numero docenti inferiore o uguale al 33esimo percentile.
- d) Nel gruppo di ricerca sono coinvolti numerosi ricercatori dei SSD di materie di base. Le tematiche del progetto partono dalla ricerca di base (sviluppo di concetti di fisica statistica e teoria dell'informazione, P1-P2-P3) e sostengono la ricerca libera (*curiosity-oriented*) in quanto prevedono lo studio della connettività funzionale nel cervello (P4), dei processi di regolazione fisiologica cardiorespiratoria e cardiovascolare (P5), dell'impatto delle restrizioni alla mobilità sulla misura dei campi elettromagnetici (P6) e delle dinamiche caotiche nelle reti di oscillatori elettronici (P7).
- e) L'attività da svolgere trae spunto da precedenti progetti finanziati da programmi di ricerca europei (Horizon 2020, progetto "ASTONISH - Advancing Smart Optical Imaging and Sensing for Health") e nazionali (PRIN, progetto: "Stochastic forecasting in complex systems" e PON R&I, progetto AIM1851228-2), Tale attività è propedeutica alla partecipazione a nuovi partenariati e bandi dei prossimi programmi Horizon Europe e del Programma Nazionale Ricerca 2021-2027, anche tramite il coinvolgimento dei partner stranieri indicati nella proposta. I temi della ricerca sono perfettamente coerenti con i settori ERC: (i) **PE7** (*Ingegneria dei sistemi e delle comunicazioni: ingegneria elettrica, elettronica, delle comunicazioni, ottica e dei sistemi*) ed in particolare: **PE7_7** *Elaborazione dei segnali*, **PE7_8** *Reti (di comunicazione, di sensori, di robot, ecc.)*, **PE7_11** *Componenti e sistemi per le applicazioni (ad esempio: in medicina, biologia, ambiente)*; (iii) **PE1** (*Matematica: tutte le aree della matematica, pura e applicata, fondamenti matematici di informatica, fisica matematica e statistica*) ed in particolare: (iii. 1) **PE1_18** *Calcolo scientifico ed elaborazione dati*; (iii.2) **PE1_14** *Statistica*, (iii.3) **PE1_20** *Applicazione della matematica nelle scienze*, (iii. 4) **PE1_21** *Applicazione della matematica nell'industria e nella società*.

FINANZIAMENTO RICHIESTO (max 3.500,00 €)

3.500,00 €

DESCRIZIONE DELLE SPESE PREVISTE

Missioni: 2000 €

Spese di pubblicazione: 1500 €

L'ammontare delle spese di pubblicazione è ritenuto congruo in considerazione della tipologia delle riviste indicate, la maggior parte delle quali non espongono costi di pubblicazione. E' previsto inoltre il cofinanziamento delle spese di pubblicazione open access tramite fondi dei componenti (italiani ed internazionali) del gruppo di ricerca.

Il sottoscritto, proponente del progetto, dichiara:



**Università
degli Studi
di Palermo**

Dipartimento di Ingegneria
Direttore: prof. Giovanni Perrone



- di non avere disponibilità di fondi di ricerca per un importo superiore a 10.000 €;
- di non avere coordinato gruppi di ricerca risultati assegnatari di finanziamento nell'edizione precedente della misura.

Luogo e data: Palermo 14/10/2021

F.to Luca Faes