

Percorso formativo del dottorato MERC 39° ciclo

Area Modeling and Engineering Risk and Complexity
Anno Accademico: 2023-2024

1. Corsi erogati

Nell'anno accademico 2023-2024, l'area dottorale MERC ha erogato diversi corsi a beneficio dei dottorandi del 39° ciclo, coprendo una vasta gamma di argomenti teorici e applicativi. I dottorandi hanno acquisito competenze nell'analisi dei sistemi complessi e nei metodi numerici per l'estrazione e l'analisi dei dati. Sono stati introdotti strumenti di calcolo della probabilità e modellazione stocastica, fondamentali per affrontare problemi incerti. L'uso di linguaggi di programmazione e tecniche di apprendimento automatico (*machine learning*) ha offerto una formazione pratica per le moderne applicazioni di analisi dati. Inoltre, è stata dedicata attenzione all'analisi quantitativa dei rischi e alla previsione dei rischi naturali, con un focus sulla valutazione dei fenomeni come le frane. Sono stati trattati argomenti avanzati come le equazioni differenziali stocastiche e la meccanica statistica per rafforzare la preparazione scientifica dei partecipanti, insieme a riflessioni sul ragionamento scientifico e la filosofia della scienza.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei corsi organizzati dal dottorato MERC. Si ricorda che ogni CFU equivale a 6 ore di lezioni frontali.

Semestre	Titolo	Ore	Docenti	SSD Docente
1	Introduction to Complex Systems	24	Mario di Bernardo (Università degli Studi di Napoli Federico II)	IINF-04/A
1	Seminar lectures: Introduction to Complex Networks	5	Stefano Boccaletti (Consiglio Nazionale delle Ricerche)	PHYS-02/A
1	Numerical methods for Data Mining	24	Constantinos Siettos (Università degli Studi di Napoli Federico II),	MATH-05/A

Semestre	Titolo	Ore	Docenti	SSD Docente
			Dimitrios Patsatzis (Scuola Superiore Meridionale)	
1	Probability calculus and elements of stochastic modelling	24	Giacomo Ascione (Scuola Superiore Meridionale), Caio César Graciani Rodrigues (Scuola Superiore Meridionale)	MATH-03/B
1	Introduction to Python programming	12	Davide Salzano (Scuola Superiore Meridionale), Giuseppe Petrillo	INFO-01/A
1	Introduction to Learning and Data-Driven Methods	24	Mirco Musolesi (University College London), Giovanni Russo (Università degli Studi di Salerno)	IINF-05/A, IINF-04/A
2	Quantitative Risk Analysis	24	Iunio Iervolino (Università degli Studi di Napoli Federico II), Pasquale Cito (Università degli Studi di Napoli Federico II)	CEAR-07/A
2	Fundamentals of Natural Hazard Forecasting	12	Warner Marzocchi (Università degli Studi di Napoli Federico II)	GEOS-04/A
2	Seminar lectures: Landslide hazard: from local assessment to national maps	6	Gianfranco Urciuoli (Università degli Studi di Napoli Federico II), Gaetano Falcone (Università degli Studi di Napoli Federico II)	CEAR-05/A
2	Seminar lectures: Characterization of Crustal Models for Quantitative Ground Motion Estimation	7	Jean Virieux (Institut des Sciences de la Terre)	N/D
2	Stochastic differential equations	24	Tiziano De Angelis (Università di Torino)	STAT-04/A
2	Scientific Reasoning and Philosophy of Science	24	Franco Garofalo (Università degli Studi di Napoli Federico II)	IINF-04/A
2	Introduction to Statistical Mechanics	24	Giuseppe Petrillo (Nanyang Technological University)	N/D
2	Theory and Applications of Delay Differential Equations	12	John Hogan (University of Bristol)	N/D

Descrizioni dettagliate degli argomenti trattati nei vari corsi sono incluse nelle relative schede dei corsi.

Elenchi dei corsi organizzati dalle aree dottorali MPHS e SPACE, accessibili anche ai dottorandi MERC, sono riportati di seguito.

Corsi erogati dall'area SPACE:

Semestre	Titolo	Ore	Docenti
1	Introduction to General Relativity	24	Salvatore Capozziello
1	Introduction to Cosmology – part I	18	Rocco D'Agostino
1	Introduction to Astroparticle Physics	24	Ninetta Saviano
1	Quantum Information, Complexity and Black Holes	6	Alioscia Hama
1	Black Holes Physics	6	Vittorio de Falco
2	Standard Model of Fundamental Interactions	12	Sannino
2	Introduction to Quantum Mechanics	24	Marco Chianese
2	Introduction to Aerospace	24	Riccardo Bevilacqua
2	Introduction to Astrophysics	24	Guido Risaliti
2	Neutrino Physics Experiments	12	Antonio Marinelli
2	Quantum black holes (part 2)	6	Alioscia Hama
2	Black hole physics – part 2	6	Vittorio De Falco
2	Quantum field in curved space	12	Massimo Taronna
2	Relativistic positioning system from first principles	12	Lorenzo Fatibene
2	Cosmic Distances in Astrophysics	6	Giulia De Somma

Corsi erogati dall'area MPHS:

Semestre	Titolo	Ore	Docenti
1	Differential Geometry	24	Alessandro Zampini
1	Numerical Treatment of PDEs	24	Francesco Calabrò
1	Micromagnetics and Spintronics	12	Massimiliano D'Aquino
1	Partial Differential Equations	24	Martin Mayer
2	Physics of Matter from the zepto-scale to the macro-scale	24	Fabio Ambrosino, Rosario Fazio, Lorenzo Marrucci
2	Soft Matter Modelling	24	Pierluca Maffettone, Giuseppe Milano
2	Physics of Matter from the zepto-scale to the macro-scale	24	Fabio Ambrosino, Rosario Fazio, Lorenzo Marrucci

2. Scientific Colloquia

Nell'anno accademico 2023-2024, l'area di dottorato MERC ha partecipato all'organizzazione del ciclo di 28 seminari interdisciplinari "Scientific Colloquia", insieme alle aree MPHS e SPACE. Questi eventi hanno visto la partecipazione di relatori provenienti da prestigiose università e centri di ricerca, sia nazionali che internazionali. Ogni seminario, della durata di cinquanta minuti, è stato seguito da una discussione interattiva con il pubblico.

I temi trattati si sono focalizzati sulla modellazione teorica, numerica e matematica di sistemi complessi e sull'analisi del rischio ad essi associata. In particolare, per il ciclo di seminari organizzato dall'area MERC durante l'anno accademico 2023-2024, sono stati approfonditi argomenti quali: la complessità economica e le metodologie associate alla "economic fitness" per valutare la competitività dei paesi; i problemi di controllo ottimale per sistemi governati da modelli di Boltzmann; gli approcci computazionali per la risoluzione di sistemi generali di equazioni non lineari nel cloud; i modelli empirici di moto del suolo e la regionalizzazione dei dati sismici in Italia; la fisica dei sistemi complessi applicata alla comprensione dei fenomeni sismici; la teoria del controllo e le ottimizzazioni distribuite robuste; la modellazione di flussi turbolenti e il loro controllo tramite deep learning; l'asset pricing in condizioni di incertezza e ambiguità dei modelli sotto scenari di transizione; e l'adattamento ai cambiamenti climatici nel contesto delle infrastrutture di trasporto e difesa dalle inondazioni, con una particolare attenzione alle soluzioni basate sulla natura.

Questi seminari sono stati principalmente rivolti ai dottorandi e ai giovani ricercatori della Scuola, ma sono stati aperti a tutti gli interessati. Il pubblico, altamente interdisciplinare, ha incluso studenti, ricercatori e professori provenienti da discipline quali matematica, fisica e ingegneria, con l'obiettivo di rendere le tematiche trattate accessibili a partecipanti con diverse formazioni accademiche.

La lista dettagliata dei nove Scientific Colloquia offerti dall'area **MERC** nel periodo da novembre 2023 a giugno 2024 è riportata di seguito.

1. Il Prof. Luciano Pietronero dell'Enrico Fermi Research Center (Roma, Italia) ha tenuto il Seminario dal titolo "Economic Fitness: Concepts, Methods and Applications" il giorno 09/11/2023.
2. Il Prof. Alfio Borzi della Universitat Wurzburg (Wurzburg, Germania) ha tenuto il Seminario dal titolo "Ensemble optimal control problems governed by Boltzmann models" il giorno 7/12/2023.
3. Il Prof. Panos Pardalos dalla University of Florida (Florida, Stati Uniti d'America) ha tenuto il Seminario dal titolo "Computational Approaches for Solving General Systems of Nonlinear Equations in the Cloud" il giorno 18/01/2024.

-
4. La Dott.ssa Lucia Luzi dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Italia) ha tenuto il Seminario dal titolo "Empirical Ground Motion Models in Italy: from the earthquake recordings to a regionalized model" il giorno 8/02/2024.
 5. Il Prof. Eugenio Lippiello dell'Università della Campania "Luigi Vanvitelli" (Napoli, Italia) ha tenuto il Seminario dal titolo "Can the Physics of Complex Systems Simplify Our Understanding of Seismic Occurrence?" il giorno 29/02/2024.
 6. Il Prof. Thomas Parisini dell'Imperial College London (Londra, Inghilterra) ha tenuto il Seminario dal titolo "Control Theory & Robust Distributed Optimization: Some Insights" il giorno 21/03/2024.
 7. Il Prof. Ricardo Vinuesa del "KTH Royal Institute of Technology" (Stoccolma, Svezia) ha tenuto il Seminario dal titolo "Explaining and controlling turbulent flows through deep learning" il giorno 9/05/2024.
 8. Il Prof. Peter Tankov del "Institute Polytechnique de Paris" (Parigi, Francia) ha tenuto il Seminario dal titolo "Asset pricing under transition scenario uncertainty and model ambiguity" il giorno 30/05/2024.
 1. Il Prof. Alessandro Tarantino della "University of Strathclyde" (Glasgow, Scozia) ha tenuto il Seminario dal titolo "Climate change adaptation of transport and flood defence infrastructure: is there a future for nature-based solutions?" il giorno 6/06/2024.

La lista dettagliata dei Scientific Colloquia offerti dalle altre due aree dottorali (**SPACE** e **MPHS**) è riportata di seguito.

2. Il Prof. Giulio Saracino dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II" ha tenuto il Seminario dal titolo "Muon radiography and its applications" il giorno 16/11/2023.
3. Il Prof. Hannes Pichler della University of Innsbruck (Austria) ha tenuto il Seminario dal titolo "From quantum many-body physics to quantum computation with Rydberg atom arrays" il giorno 23/11/2023.
4. Il Prof. Gianluca Imbriani dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II" ha tenuto il Seminario dal titolo "The origin of chemical elements: nuclear cross section measurements of astrophysical interest" il giorno 30/11/2023.
5. Il Prof. Alessandro Tredicucci dell'Università di Pisa ha tenuto il Seminario dal titolo "Doing long wavelengths with thin materials – exploring thin materials with long wavelengths" il giorno 14/12/2023.
6. Il Prof. Vito Antonio Cimmelli dell'Università della Basilicata ha tenuto il Seminario dal titolo "The role of second law of thermodynamics in the constitutive theories of materials" il giorno 25/01/2024.
7. La Prof.ssa Silvia de Bianchi dell'Università di Milano ha tenuto il Seminario dal titolo "What is emergent spacetime?" il giorno 01/02/2024.
8. Il Dr. Mario Lattanzi dell'Osservatorio Astronomico di Torino ha tenuto il Seminario dal titolo "The Gaia mission, its legacy and beyond: present and future of Gravitational Astronomy" il giorno 15/02/2024.

-
9. Il Prof. Marco Cicalese della Technical University of Munich (Germania) ha tenuto il Seminario dal titolo "Micro-to-macro variational analysis of lattice energies in Materials Science: emergence and interaction of defects" il giorno 22/02/2024.
 10. Il Dr. Santi Cassisi dell'Osservatorio Astronomico dell'Abruzzo ha tenuto il Seminario dal titolo "Galactic Archaeology: decoding the fossil record of Galaxy formation and evolution" il giorno 07/03/2024.
 11. La Prof.ssa Eleonora di Valentino della University of Sheffield (Regno Unito) ha tenuto il Seminario dal titolo "Unresolved Anomalies and Tensions in Standard Cosmological Model" il giorno 14/03/2024.
 12. Il Prof. Giancarlo Sangalli dell'Università di Pavia ha tenuto il Seminario dal titolo "Spline approximation and numerical solution of partial differential equations with Isogeometric Analysis" il giorno 04/04/2024.
 13. Il Dr. Pietro Schipani dell'Osservatorio Astronomico di Napoli ha tenuto il Seminario dal titolo "Present and future of the European optical telescopes: the Wide-field Spectroscopic Telescope" il giorno 11/04/2024.
 14. Il Prof. Nicola Napolitano dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II" ha tenuto il Seminario dal titolo "Machine Learning the Universe with large astronomical surveys" il giorno 18/04/2024.
 15. Il Prof. Daniele Di Pietro dell'Université de Montpellier (Francia) ha tenuto il Seminario dal titolo "An overview of polytopal approximations of partial differential equations" il giorno 02/05/2024.
 16. Il Prof. Paolo Russo dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II" ha tenuto il Seminario dal titolo "Some aspects of virtual medicine and human space science research" il giorno 16/05/2024.
 17. Il Prof. Pietro Cicutta dell'University of Cambridge ha tenuto il Seminario dal titolo "Waves of motile cilia: where physics, fluid dynamics and dynamical systems meet biology" il giorno 23/05/2024.
 18. Il Prof. Maurizio Paolillo dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II" ha tenuto il Seminario dal titolo "Understanding the Active Galactic Nuclei paradigm through time variability studies" il giorno 13/05/2024.
 19. Sir John Ball del Maxwell Institute of Mathematical Sciences (Scotland) ha tenuto il Seminario dal titolo "Understanding material microstructure"
 20. Il Prof. Jeff Morris del City Colledge of New York (USA) ha tenuto il Seminario dal titolo "Contact networks in shear-thickening suspensions" il giorno 04/06/2024.

3. Informal talks on MERC

Gli *Informal Talks on MERC* (ITMERC) sono incontri regolari di tutta la comunità di studenti e ricercatori MERC che mirano a sviluppare le competenze degli studenti, come le capacità di presentazione, di comunicazione e di lavoro di gruppo. Gli incontri ITMERC dell'anno

accademico 2023-2024 sono stati organizzati su base settimanale, a partire da novembre 2023 e fino a luglio 2024. I dottorandi (compresi quelli del 39° ciclo) e gli assegnisti di ricerca erano tenuti a partecipare a tutte le attività, che comprendevano le seguenti.

1. *Presentazione degli studenti del 39° ciclo.* Nel primo incontro ITMERC dell'anno, i dottorandi del 39° ciclo hanno presentato brevemente il loro lavoro di tesi magistrale alla comunità MERC.
2. *Relazioni di ricerche da parte dei dottorandi.* I dottorandi del 36°, 37° e 38° ciclo hanno presentato le loro attività di ricerca alla comunità MERC. Ogni dottorando ha presentato due volte durante l'anno e il tempo assegnato per ogni presentazione è stato di 20 minuti. È stato previsto ulteriore tempo per consentire una discussione proficua e, alla fine di ogni incontro, sono stati distribuiti moduli di feedback per fornire un riscontro ai presentatori.
3. *Seminari di ricerca da parte degli assegnisti di ricerca.* Gli assegnisti di ricerca del MERC hanno presentato una panoramica delle loro attività di ricerca. L'obiettivo di questi seminari è stato quello di far conoscere ai dottorandi le ricerche in corso all'area MERC e di stabilire un punto di contatto tra gli studenti e gli assegnisti.
4. *Discussioni di Journal Club.* L'obiettivo di questa attività speciale era studiare e discutere un particolare argomento di ricerca. Per consentire un coinvolgimento più ampio, i dottorandi e gli assegnisti sono stati divisi in gruppi di 5-6 persone e hanno studiato e discusso insieme un articolo su un argomento di ricerca specifico. Ogni gruppo ha preparato una presentazione sull'argomento e sulle sue connessioni con la ricerca in corso dei suoi membri. Questa attività ha richiesto una discussione iniziale all'interno di ogni squadra (~2 ore) e una riunione per la relazione di tutte le presentazioni (~1,5 ore).
21. *Seminari da parte di professori in visita.* Nel corso dell'anno, molti professori invitati hanno visitato il MERC. Alcuni dei professori ospiti hanno tenuto i loro seminari durante le riunioni ITMERC. Tra questi, i seminari del Dott. Riccardo Muolo, della Prof.ssa Mitra Fouladirad e del Prof. Gianluigi Rozza.

Attività	Numero di incontri	Numero di ore
Presentazione dei dottorandi del XXXIX ciclo	1	2
Relazioni di ricerca da parte dei dottorandi	20	30
Relazioni di ricerca da parte degli assegnisti	6	9
Incontri <i>Journal Club Discussion</i>	3	10.5
Seminari dei professori ospiti	3	10.5

Totale	33	62
---------------	-----------	-----------

4. Meetings with board members

L'obiettivo di questa serie di incontri è quello di creare un'opportunità per gli studenti di dottorato del primo anno del MERC di interagire con i membri del Collegio dei Docenti. Ha inoltre lo scopo di introdurre gli studenti alle varie aree di ricerca all'interno dell'area dottorale e aiutarli ad acquisire una comprensione più chiara dei potenziali progetti che possono esplorare durante i loro studi di dottorato. Gli incontri si sono svolti sia in presenza presso l'SSM che online, con una durata di circa 1,5 ore per ogni sessione. Nel corso dell'anno accademico 2023-2024 sono stati condotti **14 incontri**, per un totale di circa **21 ore** di attività.

La tabella seguente fornisce una panoramica dettagliata di ogni riunione.

Membro del Collegio Docenti	Data	Luogo
Prof Stefano Boccaletti (CNR – Istituto Sistemi Complessi)	07/11/2023	SSM
Prof. Iunio Iervolino (University of Naples Federico II)	09/01/2024	SSM
Prof. Warner Marzocchi (University of Naples Federico II)	11/01/2024	SSM
Prof. Almerinda di Benedetto (University of Naples Federico II)	26/01/2024	SSM
Prof. Juergen Kurths (Humboldt Universitaet, Germany)	05/02/2024	Online
Prof. Mirco Musolesi (University College London, U.K.)	07/02/2024	SSM
Prof. Francesco Bullo (University of California Santa Barbara, U.S.A.)	12/02/2024	Online
Prof. Michael Richardson (Macquarie University, Australia)	14/02/2024	Online
Prof. Giovanni Russo (University of Salerno)	15/02/2024	SSM
Prof. Maurizio Porfiri (New York University, U.S.A.)	19/02/2024	Online
Prof. Costantinos Siettos (University of Naples Federico II)	20/02/2024	SSM
Prof. Tiziano De Angelis (University of Turin)	23/02/2024	Online

Membro del Collegio Docenti	Data	Luogo
Prof. Massimiliano Giorgio (University of Naples Federico II)	26/02/2024	SSM
Prof. Gianfranco Urciuoli (University of Naples Federico II)	06/03/2024	SSM

5. Seminari di Visiting Professors and Researchers

Nel corso dell'anno, diversi professori e ricercatori invitati sono stati ospiti del dottorato MERC per attività seminariali. La lista dettagliata delle attività svolte in questo contesto è riportata di seguito.

22. La Prof.ssa Inmaculada Torres Castro della University of Extremadura (Spagna) ha tenuto il Seminario dal titolo "Dealing with degradation processes" il giorno 21/11/2023.
23. Il Prof. Jean Virieux della Université Grenoble Alpes (Francia) ha tenuto il ciclo di Seminari dal titolo "Characterization of crustal models for quantitative ground motion estimation" dal 27/02/2024 al 01/03/2024.
24. Il Prof. Adriano Barra dell'Università del Salento ha tenuto il Seminario dal titolo "Information processing in shallow neural networks: from biological to artificial scenarios" il giorno 5/04/2024.
25. La Dott.ssa Kei Yoshida della Brown University (USA) ha tenuto il Seminario dal titolo "Understanding collective motion in human crowds" il giorno 12/04/2024.
26. La Prof.ssa Mitra Fouladirad della Ecole Centrale de Marseille (Francia) ha tenuto il Seminario "Stochastic modeling for failure prediction and maintenance" il giorno 20/05/2024.
27. Il Prof. Gianluigi Rozza del SISSA (Trieste, Italia) ha tenuto il Seminario dal titolo "Reduced order modelling in CFD: state of the art, perspectives and challenges" il giorno 29/05/2024.
28. Il Prof. Ashok Krishnamurthy della Mount Royal University (Canada) ha tenuto il Seminario dal titolo "spatialEpisim: an R Shiny app for tracking infectious diseases in the Campania region of Italy" il giorno 20/07/2024.