



La Complessità: come i Centri Ricerca Toscani sulla Complessità affrontano il problema

A partire dalla sua costituzione, avvenuta nell'anno 2000, il Centro per lo Studio dei Sistemi Complessi (CSC) si è fatto promotore con continuità di una serie di iniziative volte a favorire la ricerca nel campo della complessità ed alla diffusione dei risultati che da essa derivano. Il tipico approccio allo studio dei sistemi complessi consiste, oltre che nel riconoscere le leggi che governano il funzionamento dei componenti elementari, nell'investigare approfonditamente le interazioni che si possono instaurare tra essi e che possono generare comportamenti non prevedibili dalla mera analisi dei singoli elementi costitutivi. Questi aspetti sono tipici dei sistemi complessi e secondo molti studiosi rappresentano il loro elemento distintivo rispetto ai sistemi complicati. Evoluzione dinamica, equilibrio, stabilità, ciclicità, aperiodicità, caos, adattatività, feedback, eterogeneità, connettività sono alcuni dei concetti unificanti del mondo dei sistemi complessi. La biologia, la fisica, la chimica, le neuroscienze, l'ecologia, l'economia, l'ingegneria dei sistemi sono le aree disciplinari che, pur nell'apparente diversità, stanno egualmente traendo vantaggio dalle metodologie di approccio non riduzionistico più innovative per la comprensione di fenomeni complessi.

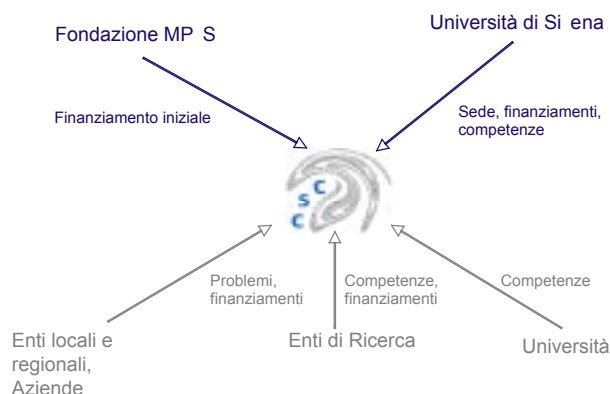
L'idea che ha condotto alla istituzione del CSC è stata quella di creare una struttura di ricerca finalizzata ad incoraggiare e promuovere l'interazione tra ricercatori appartenenti a settori differenti. La sua missione scientifica è quindi quella di supportare lo sviluppo di metodologie multidisciplinari di analisi e sintesi per la ricerca sui sistemi complessi, nonché delle applicazioni nel campo della fisica, dell'ingegneria, della biologia matematica, della genetica, delle scienze cognitive e dell'economia.



Le attività principali del Centro possono essere così riassunte:

- Promuovere e sviluppare ricerche interdisciplinari tra soggetti dell'Ateneo di Siena ed altri istituti di ricerca. Al di là degli obiettivi scientifici di queste attività, lo scopo è anche quello di sviluppare progetti sia teorici che applicativi che costituiscano fonte di autofinanziamento per il Centro.
- Organizzare la permanenza per periodi brevi di studiosi di comprovato livello scientifico, con lo scopo di facilitare l'instaurarsi di collaborazioni di ricercatori dell'Università di Siena con ricercatori di sedi straniere prestigiose sui temi della complessità.
- Collaborare con centri italiani ed internazionali che perseguano finalità analoghe (ad esempio si considerino le numerose recenti iniziative promosse dagli Atenei Toscani).
- Organizzare workshop scientifici, cicli di seminari, scuole avanzate sui temi di pertinenza del Centro.
- Porsi come soggetto propositivo per collaborazioni con gli Enti e le aziende attive nel bacino di utenza dell'Etruria su problematiche inerenti l'ecologia, l'ambiente, lo sviluppo sostenibile, le fonti energetiche, l'allocazione delle risorse, etc.

La figura seguente mostra come il CSC si rapporta con l'Ateneo di Siena e con le strutture che hanno contribuito alla sua costituzione. Tali enti collaborano tuttora attivamente alla realizzazione delle attività promosse dal CSC.





Il CSC gode di una amministrazione e di una sede autonoma. Gli organi di gestione del CSC sono il Consiglio Direttivo, la Giunta, la Segreteria Scientifica e la Segreteria Amministrativa.

Il Consiglio Direttivo è composto dai seguenti membri: Prof. Riccardo Basosi (Dip. di Chimica), Prof. Franco Belli (Dip. di Diritto dell' Economia), Prof. Tullio Di Perri (Facoltà di Medicina), Prof. Antonio Federico (Dip. di Scienze Neurologiche e del Comportamento), Prof. Silvano Focardi (Dip. Di Scienze Ambientali), Dr. Chiara Mocenni (Dip. di Ingegneria dell'Informazione), Prof. Luigi Moi (Dip. di Fisica), Prof. Sandro Nannini (Dip. di Filosofia e Scienze Sociali), Prof. Paolo Nistri (Dip. di Ingegneria dell'Informazione), Prof. Vitaliano Pallini (Dip. di Biologia Molecolare), Prof. Vittorio Santoro (Dip. di Diritto dell'Economia), Prof. Alessandro Vercelli (Dip. di Economia Politica), Prof. Antonio Vicino (Dip. di Ingegneria dell'Informazione, Direttore).

Il CSC conta le seguenti adesioni:

- Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
- Dipartimento di Chimica
- Dipartimento di Economia Politica
- Dipartimento di Filosofia e Scienze Sociali
- Dipartimento di Scienze Ambientali
- Dipartimento di Scienze Neurologiche e del Comportamento
- Oltre 60 ricercatori a titolo personale

Il CSC ha promosso numerose iniziative scientifiche, tra cui si citano le seguenti:

- “Economic Complexity and the Invisible Hand”, “The coevolution of individual behaviors and group level institutions: Samuel Bowles (Director of the Economic Program, Santa Fe Institute)
- “Concetti, categorie ed analogie Modelli computazionali della creatività”: Douglas Hofstadter (l'autore di „Gödel, Escher, Bach“)
- “Logic and Games”: Johan Van Benthem (University of Amsterdam and Stanford University)
- “The Origin of Complexity”: Leon Chua (University of California, Berkeley)
- Scuola Avanzata su “Calcolo Stocastico”: Antonio Moro (Università di Firenze)



- Workshop “Mathematical Models Applied to the Biological Sciences, Economics, and Complex Systems” (in collaborazione con IMPA, Rio de Janeiro)

- Scuola avanzata su “Convex Optimization”: Stephen Boyd

- 2nd International School Topics in Nonlinear Dynamics (in collaborazione con la Società Italiana Caos e Complessità)

Il CSC vanta numerose collaborazioni scientifiche nazionali e internazionali, tra cui si citano le seguenti:

- Santa Fe Institute (Prof. S. Bowles)

- Politecnico di Milano (Prof. S. Rinaldi)

- University of Alberta (Prof. W. Allegretto)

- Istituto di Finanza Svizzera Italiana (Prof. D. Barone Adesi)

- University of Adelaide (Prof. F. Recknagel)

- Italian Society for Chaos and Complexity

- University of California at Berkeley (Prof. L. Chua)

- Stanford University (Prof. S. Boyd)

- IMPA (Istituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada - Rio de Janeiro, Proff. Zubelli, Palis e Bevilacqua)

Il CSC ospita l’Azienda Spin-off dell’Università di Siena ‘Green Time’ (Normative Europee in campo ambientale) ed è socio fondatore del Consorzio CIRTER (Consorzio per la Ricerca sulla Forma del Territorio) e di ARCO (Associazione per la Ricerca sulla Complessità).

Alcuni fra i principali progetti di ricerca attivi presso il CSC sono i seguenti:

- Laboratorio di Ricerca Internazionale sulla Simulazione Sociale Basata su Agenti (A. Vercelli)

- Analisi qualitativa e quantitativa tramite modelli matematici per la gestione ed il controllo di ambienti lagunari (C. Mocenni, A. Vicino)

- Metodi ingegneristici innovativi per applicazioni mediche avanzate (D. Prattichizzo, A. Vicino)

- Convergenza di traiettorie, biforcazioni e dinamiche complesse in circuiti non lineari neurali (M. Forti)

- Valutazione della produzione e diffusione di inquinanti ad attività sanitaria da sistemi di trattamento rifiuti (E. Carnevale, A. Corti)



- Analisi e valutazione integrata dei sistemi antropici complessi attraverso l'utilizzo di indicatori energetici, exergetici, emergetici, economici (R. Basosi)

- Tecniche di Neuroimmagini quantitative (A. Federico)

Le iniziative di didattica avanzata attive presso il CSC sono le seguenti:

Master e²c: Economia digitale & E-business

Il CSC, in collaborazione con le Facoltà di Economia ed Ingegneria dell'Università di Siena, il Gruppo Monte dei Paschi di Siena, MICROSOFT, ACCENTURE, MPS.net, IBM ed altre aziende del settore, promuove ed organizza da tre anni il Master Universitario di secondo livello e2c, che prevede la formazione di circa 25 studenti in grado di soddisfare le esigenze degli operatori economici (imprese, banche ecc) ed organizzazioni in generale, che emergono dal diffondersi della Economia Digitale. Il Master è interamente realizzato presso le Strutture del CSC (Coordinatore Prof. Antonio Vicino).

MECOSIND: Programma di Master in Ecologia Industriale

Il CSC partecipa alla realizzazione di un Master Internazionale nel campo dell'ecologia industriale, in collaborazione con le Università di Firenze, di Pisa e di Pescara e l'Universitat Autònoma de Barcelona, l'Universitat Politècnica de Catalunya, l'Universitat de Girona Escola, l' Università d'Enginyeria Tècnica Industrial d'Igualada, l'University of Peloponnese. Il Progetto è stato finanziato all'interno del Programma INTERREG III (Ecosind) dell'Unione Europea (Responsabile Dott.ssa Chiara Mocenni).

Progetti di ricerca

Nel seguito vengono illustrati i principali progetti di ricerca attivi presso il CSC e che vedono la collaborazione di numerosi ricercatori dell'Ateneo senese e di altri Atenei italiani e stranieri.



Modellistica e simulazione di sistemi ambientali



La modellistica dei sistemi ambientali costituisce uno dei settori di ricerca in cui è maggiormente necessario utilizzare approcci multidisciplinari basati sulle metodologie tipiche per lo studio dei sistemi complessi. In particolare, i modelli che vengono sviluppati per lo studio degli ecosistemi devono contenere un elevato livello di complessità dal punto di vista matematico, che tipicamente si traduce in un certo grado di non linearità, tale da permettere la comprensione di fenomeni naturali complessi. L'utilizzo dei modelli è quindi duplice, da un lato è possibile studiarne le caratteristiche matematiche (come la capacità predittiva, la stabilità, le prestazioni in termini di fitting dei dati, ecc.) e dall'altro le potenzialità applicative nel campo della gestione dei sistemi reali. Tale aspetto richiede una stretta collaborazione con gli end-users, cioè con i soggetti preposti alla gestione ambientale.

Aspetti metodologici

- Identificazione di modelli dinamici non lineari di sistemi ecologici.
- Analisi qualitativa di modelli ecologici: analisi di biforcazione, esistenza di soluzioni periodiche per modelli a parametri distribuiti.
- Modelli di Sistemi di Supporto alle Decisioni per la gestione di sistemi acquatici.

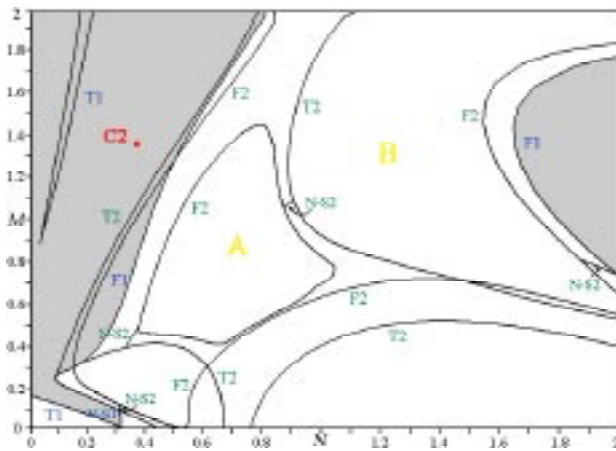
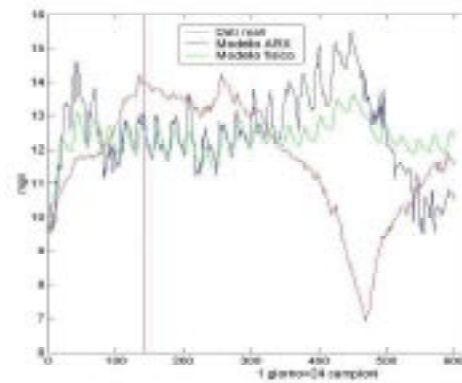


Diagramma di biforcazione di un modello della laguna.

Aspetti applicativi

- Integrazione delle competenze di carattere ingegneristico, chimico, biologico, economico e sociale per la gestione di ecosistemi acquatici quali laghi interni e lagune costiere.
- Collaborazione con End-users per il monitoraggio, lo sfruttamento sostenibile delle risorse e la pianificazione degli interventi.



Confronto fra modelli della dinamica dell'ossigeno disciolto.



Progetti finanziati nell'ambito della modellistica ambientale

- Monitoraggio, modellizzazione e analisi della Riserva Naturale “Lago di Montepulciano” (Progetto finanziato dalla Provincia di Siena, 2000-2002)
 - Modellizzazione dei processi fisici e biologici di sistemi acquatici a rischio: la Laguna di Orbetello (Progetto finanziato dalla Regione Toscana, 2001-2004)
 - Modelli ambientali della diffusione di inquinanti in atmosfera (Progetto finanziato dalla Provincia di Firenze, 2003)
 - Un approccio integrato per l'analisi e la raccolta dati per la gestione della riserva naturale “Lago di Montepulciano” (Progetto finanziato dalla Provincia di Siena, 2003-2004)
 - Development of an Information Technology Tool for the Management of European Southern Lagoons under the influence of river-basin runoff DITTY Project, (Progetto finanziato dalla Commissione Europea, 2003-2005)
 - Méthodes et techniques avancées pour l'analyse environnementale dans des zones à haute densité industrielle à l'aide des sondes optoélectroniques (Progetto co-finanziato dalla Unione Europea e dalla Regione Toscana, 2004-2006)



Tecniche Ingegneristiche Innovative per Applicazioni Mediche Avanzate

L'interazione visio-aptica può essere impiegata nel training in chirurgia laparoscopica. Alcuni problemi di interesse sono la modellistica di oggetti deformabili e l'identificazione dei modelli visco-elastici.



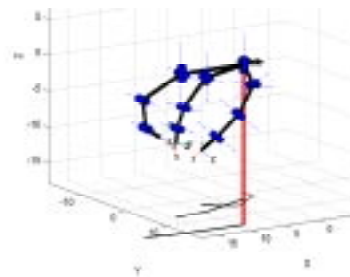
Interazione visio-aptica

Ecografia e interazione tattile

Presso l'Università di Siena è stato realizzato un sistema che consente di interagire visivamente e tattilmente con immagini ecografiche tridimensionali come quelle del feto.

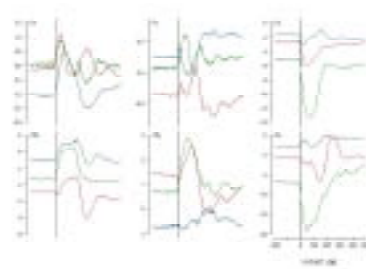
Robotica e Neuroscienze

Le metodologie e le tecnologie robotiche sono impiegate per studiare la presa umana per scopi riabilitativi. Lo studio dei modelli biomeccanici è rilevante per questa ricerca.



Stimolazione Magnetica Transcranica

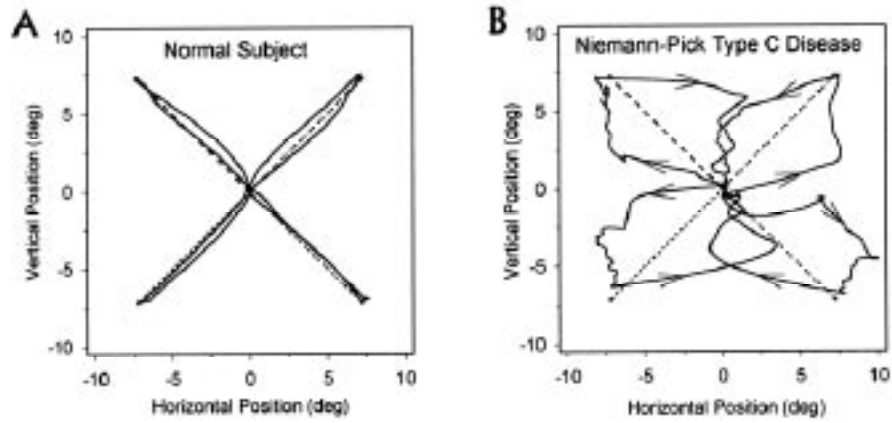
Lo studio dell'attività funzionale del cervello si arricchisce di nuovi strumenti come la Stimolazione Magnetica Transcranica supportata da tecnologie avanzate per il monitoraggio della presa umana.



Eye-Tracking – ASTIDET

Il sistema di eye-tracking consente di monitorare la motilità oculare. Le applicazioni dell'eye-tracking sono varie e vanno dalla medicina alla multimedialità.

Nel settore medico, l'eye-tracking consente di riconoscere e “misurare” alcune patologie di tipo neurologico.



Tecniche Ingegneristiche Innovative per Applicazioni Mediche Avanzate Progetto finanziato dalla Fondazione MPS, 2004-2006.



<http://csc.unisi.it>

Antonio Vicino