



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

## SYLLABUS DEL CORSO

### Sistemi Complessi e Incerti

2021-2-F1801Q125

---

#### Obiettivi

Coerentemente con gli obiettivi formativi del Corso di Studio, l'insegnamento si propone di fornire allo studente le *conoscenze* per trattare in modo formale i modelli che descrivono sistemi complessi e sistemi incerti. Lo studente sarà, inoltre, in grado di affrontare problemi concreti anche con tecniche tipiche della soft computing.

#### Contenuti sintetici

Trattamento formale e applicazioni dei sistemi complessi e incerti.

Automi cellulari, Tiling e applicazioni (modellazione di fenomeni reali, crittografia), dinamica simbolica e applicazioni (coding, memorizzazione di dati su dispositivi fisici, algoritmo PageRank di Google), decidibilità/indecidibilità di proprietà formali, logiche a più valori di verità, fuzzy sets, rough set, belief functions, teoria della possibilità, applicazioni all'apprendimento automatico.

#### Programma esteso

##### 1) Introduzione

- cosa è un sistema complesso, cosa è l'incertezza e da quali diverse fonti deriva
- ripasso di logica proposizionale classica, insiemi parzialmente ordinati e algebra booleana

## 2) Automi Cellulari come modelli di sistemi complessi:

- proprietà formali associate a raggiungibilità, reversibilità, stabilità, instabilità e caos. Relative classificazioni.
- algoritmi di decisione/indecidibilità di proprietà formali
- esempi di Automi Cellulari significativi

## 3) Tiling:

- Tile set, tiling, simulazione di una macchina di Turing e Domino Problem
- proprietà indecidibili in Automi Cellulari
- cenni al self-assembly (DNA computing)

## 4) Dinamica simbolica:

- subshifts e linguaggi
- subshifts di tipo finito e sofici con relative rappresentazioni
- entropia di un subshift, Teorema di Perron Frobenius, schemi di codifica/decodifica di dati basati su subshift

## 5) Applicazioni (Sistemi Complessi):

- crittografia (secret sharing schemes e generazione di numeri pseudo-casuali) mediante Automi Cellulari
- simulazione di un fluido, del traffico veicolare, ... mediante Automi Cellulari
- l'algoritmo PageRank di Google e data storage (subshifts)
- Reaction Systems come modello per simulare reazioni biochimiche

## 6) Introduzione all'incertezza, Logica e Algebra Booleana

## 7) Logiche Multivalore e Fuzzy Sets

- Logiche a tre valori e loro applicazioni (valore NULL in database)
- Logiche a valori di verità nell'intervallo  $[0,1]$ : t-norme, t-conorme, reticoli residuati.
- Fuzzy sets, variabili linguistiche e controllo fuzzy

8) Introduzione alle rappresentazione della conoscenza con logiche modali ed epistemiche

9) Rough Sets:

- Approssimazione di concetti
- Apprendimento di regole, feature selection e applicazione al data mining
- Legame con logiche modali e multivalore
- Ortocoppie e ortopartizioni con applicazioni al machine learning

10) Altri formalismi

---

---

## **Prerequisiti**

Conoscenze acquisite nei corsi base della Laurea Triennale in Informatica.

## **Modalità didattica**

Lezioni ed esercitazioni in aula. Supporto in e-learning allo studio individuale con materiale fornito dai docenti. Il corso viene erogato in italiano, ma se uno studente straniero è presente, il corso può essere erogato in inglese.

*Nel periodo di emergenza Covid-19 le lezioni ed esercitazioni saranno videoregistrate (alcune di esse potranno essere trasmesse in modalità sincrona); ci saranno inoltre dei momenti sincroni (in streaming, non registrati) di discussione e risposta alle domande degli studenti.*

## **Materiale didattico**

P. Kurka. Topological and symbolic dynamics. Société Mathématique de France, 2004.

D. Lind, B. Marcus. An introduction to Symbolic dynamics and coding. Cambridge University Press, 1995.

J. Kari. Cellular Automata. Lecture Notes. <http://users.utu.fi/jkari/ca/>

D. Palladino, C. Palladino, "Logiche non classiche. Un'introduzione", Carocci, 2007

G. Gerla, "Logica fuzzy. I paradossi della vaghezza", 2011

D. Ciucci, "Rough Sets and Non-Classical Logics", Dispense

## **Periodo di erogazione dell'insegnamento**

Secondo Semestre

## **Modalità di verifica del profitto e valutazione**

L'esame consiste di due parti.

parte 1. Esame orale su tutti gli argomenti riguardanti i Sistemi Complessi (punti 1, 2, 3, 4 e 5 del programma dettagliato). Le dimostrazioni dei teoremi saranno richieste solo una parte scelta dal candidato.

parte 2. Per quanto riguarda la parte sull'incertezza, verranno assegnati esercizi da consegnare su vari argomenti del corso, tra cui un approfondimento su un argomento concordato con il docente, tra quelli proposti dal docente stesso o suggerito dallo studente.

La valutazione finale tiene conto di entrambe le parti in egual misura.

## **Orario di ricevimento**

Su appuntamento

---