

Indirizzo

“Intelligenza Computazionale”

Motivazioni

Una delle più attive aree di ricerca nel campo dell'informatica è rappresentata oggi dall'Intelligenza Computazionale (IC), una disciplina che studia la teoria, lo sviluppo e l'applicazione di paradigmi computazionali biologicamente e linguisticamente motivati. Tali paradigmi possono consentire la realizzazione di sistemi intelligenti di “information processing” con capacità di apprendimento, adattamento e human-like reasoning per risolvere problemi complessi basandosi sul principio del “mimicking nature”. Le tecniche numeriche alla base delle metodologie di IC, inoltre, permettono il trattamento di dati rumorosi, caratteristici dei problemi di tipo “real-world”, e l'estrazione di conoscenza interpretabile da dati strutturati. Le attività di ricerca di base o applicata nel campo della IC sono oggi in continuo incremento. Questo fenomeno può essere misurato sia in termini di lavori scientifici pubblicati che di prodotti brevettati. Quest'ultima misura mostra come l'industria abbia beneficiato dall'adozione di tecnologie proprie della IC per risolvere una varietà di problemi. Acquisire conoscenze relative alle metodologie di IC può contribuire alla formazione di figure professionali in grado di progettare e sviluppare sistemi intelligenti avanzati, capaci di risolvere problemi complessi con trattabilità computazionale, robustezza, interpretabilità e soluzioni a basso costo.

Obiettivi formativi qualificanti

L'indirizzo di "Intelligenza Computazionale" è mirato a formare specialisti in grado di analizzare, progettare e realizzare sistemi complessi con metodologie innovative di IC. In particolare, il principale obiettivo formativo è fornire competenze teoriche, metodologiche, sistemistiche e tecnologiche necessarie a progettare e sviluppare sistemi con caratteristiche human-like, quali apprendimento, adattamento, reasoning e fault-tolerance in ambienti caratterizzati da incertezza e imprecisione.

In particolare, nell'ambito della IC, assumono un ruolo privilegiato:

- sistemi basati sul paradigma di computazione neurale, quali le reti neurali
- sistemi basati sul paradigma di computazione granulare, e nello specifico i sistemi basati sulla logica fuzzy
- sistemi basati sulla computazione evolutiva, quali gli algoritmi genetici, gli ANT systems, la swarm intelligence, ecc...
- sistemi ibridi basati sull'integrazione dei suddetti paradigmi computazionali.
- modelli ibridi basati sull'integrazione di metodi di apprendimento di tipo statistico (statistical learning) e metodi per il trattamento di dati strutturati (learning in structured domains)

Le aree di applicazione dei metodi basati sui paradigmi della IC sono molteplici, dalla scienza all'ingegneria, dal management alla finanza. In particolare, i sistemi di IC si prestano a risolvere problemi complessi di pattern recognition, predizione, signal processing, data mining, web intelligence, business intelligence, image processing, intelligent control.

L'indirizzo intende fornire al laureato magistrale le competenze per potersi inserire efficacemente in

differenti realtà lavorative, ricoprendo ruoli di responsabilità in attività di interesse scientifico e/o produttivo in cui siano necessarie capacità di analisi, modellizzazione e risoluzione di problemi complessi.

Organizzazione Didattica e Docenti

L'indirizzo è caratterizzato da un insieme di insegnamenti, ciascuno pari a 10 CFU. Ciascun insegnamento può essere diviso in moduli tenuti eventualmente da docenti diversi che si coordinano e costituiscono un'unica commissione d'esame.

In particolare, l'indirizzo prevede come insegnamenti caratterizzanti i seguenti corsi:

- “Fondamenti di Intelligenza Computazionale”, costituito da moduli di natura teorico/metodologica, che mirano a fornire i concetti di base dell'Intelligenza Computazionale mediante lo studio di paradigmi computazionali biologicamente ispirati (reti neurali, sistemi a logica fuzzy, sistemi evolutivi).
- “Tecniche numeriche avanzate per l'elaborazione dell'informazione” costituito da moduli di natura teorico/metodologica inerenti metodologie dell'apprendimento statistico (“statistical learning”) e modelli matematico-computazionali e di algebra lineare numerica applicabili a dati derivanti da domini strutturati (“learning in structured domain”), nonché la loro applicazione a specifiche aree di interesse, quali l'information retrieval e l'image processing.

Il percorso formativo prevede inoltre due insegnamenti tra cui scegliere. L'insegnamento di “Modellistica cognitiva” che fornisce agli studenti le conoscenze necessarie per la formulazione di modelli cognitivi (basati su diversi paradigmi) e più in generale per la modellizzazione di sistemi a complessità organizzata quali i sistemi viventi.

L'insegnamento “Elaborazione di immagini” che mira a fornire i fondamenti teorici e pratici dell'elaborazione di immagini al fine di dimostrare l'applicabilità di metodi basati sui paradigmi di IC nel campo della elaborazione di immagini.

Il percorso prevede quindi i seguenti insegnamenti:

- Fondamenti di Intelligenza Computazionale (10 cfu) [INF/01]
- Tecniche numeriche avanzate per l'elaborazione dell'informazione (10 cfu) [MAT/08]
- Modellistica cognitiva (10 cfu) [INF/01]
- Elaborazione di Immagini (10 cfu) [INF/01]

La didattica dell'indirizzo è garantita dai seguenti docenti affiliati al Dipartimento di Informatica:

Prof. Anna Maria Fanelli (professore ordinario, settore INF/01)

Prof. Lopez Luciano (professore ordinario, settore MAT/08)

Prof. Erminia Vaccari (professore ordinario, settore INF/01)

Prof. Laura Caponetti (professore associato, settore INF/01)

Prof. Nicoletta Del Buono (professore associato, settore MAT/08)

Dott. Giovanna Castellano (ricercatore, settore INF/01)

Dott. Corrado Mencar (ricercatore, settore INF/01)

Dott. Ciro Castiello (ricercatore, settore INF/01)

A supporto delle attività didattiche è disponibile il Laboratorio di Intelligenza Computazione (CILAB - Computational Intelligence LABORatory) del Dipartimento di Informatica che da diversi anni ospita studenti e dottorandi per attività di tesi volte ad approfondire e sperimentare metodi di IC in diversi contesti teorici e applicativi.

Programmi dei corsi

Fondamenti di Intelligenza Computazionale

OBIETTIVI FORMATIVI

L'obiettivo del corso è quello di fornire competenze teoriche, metodologiche, sistemistiche e tecnologiche necessarie a progettare e sviluppare sistemi con caratteristiche human-like, quali apprendimento, adattamento, reasoning e fault-tolerance in ambienti caratterizzati da incertezza e imprecisione.

OBIETTIVI PROFESSIONALIZZANTI

Comprensione profonda dei sistemi basati sul paradigma di computazione neurale, di computazione evolutiva e di logica fuzzy. Conoscenza di alcuni modelli ibridi basati sull'integrazione dei suddetti paradigmi computazionali.

N° ORE LEZIONI FRONTALI 64	N° CREDITI 8
N° ORE ESERCITAZIONI 0	N° CREDITI 0
N° ORE LABORATORIO 30	N° CREDITI 2
N° ORE STUDIO INDIVIDUALE: 156	
TOTALE CREDITI 10 (8 T1+ 2 T2)	

Modulo A – Computazione neurale ed evolutiva (5 cfu)

Introduzione. Ispirazione biologica del paradigma neurale; Modello biologico del neurone; Architetture neurali; Rappresentazione della conoscenza; Intelligenza Artificiale e Reti Neurali.

Processi di apprendimento. Apprendimento a correzione di errore; Apprendimento basato sulla memoria; Apprendimento Hebbiano; Apprendimento competitivo; Apprendimento di Boltzmann; Apprendimento supervisionato; Apprendimento non supervisionato; Memoria; Adattamento; Teoria statistica dell'apprendimento (cenni)

Percettroni. Il problema del filtering adattativo; Filtri lineari ai minimi quadrati; Algoritmo LMS (Least Mean Square); Curve di apprendimento; Learning rate; Il percettrone; Teorema di convergenza del percettrone; Percettrone vs. classificatore di Bayes

Multi-Layer Perceptron (MLP). L'algoritmo di Back-Propagation; Il problema dello XOR; Rappresentazione dell'output e regole di decisione; Generalizzazione; Approssimazione di funzioni; Cross-Validation; Pruning delle reti; Proprietà e limiti del Back-Propagation; tecniche di accelerazione della convergenza.

Radial Basis Function (RBF) networks. Il teorema di Cover e la separabilità dei pattern; Il problema dell'interpolazione; Teoria della regolarizzazione (cenni); Reti a regolarizzazione; Generalized RBF; Confronto tra RBF e MLP; Kernel regression.

Self Organizing Map (SOM) e reti di Kohonen. Principi di auto-organizzazione; Principal Component Analysis; Filtri di Hebb; Algoritmi neurali per la PCA; Il mapping delle feature; Le reti SOM; Learning Vector Quantization.

Computazione evolutiva. Introduzione; Caratteristiche della computazione evolutiva; Vantaggi della computazione evolutiva; Applicazioni della computazione evolutiva.

Algoritmi genetici. Introduzione; Ispirazione biologica; Definizione di algoritmo genetico; ottimizzazione convenzionale e tecniche di ricerca; Un semplice algoritmo genetico; Confronto tra algoritmi genetici e altre tecniche di ottimizzazione; Vantaggi e limiti; Applicazioni

Progettazione di algoritmi genetici. Individui; Geni; Fitness; Popolazione; Strutture dati; Strategie di ricerca; Rappresentazione degli individui; Riproduzione; Terminazione della ricerca; Comportamento di un algoritmo genetico; Valutazione delle soluzioni; Raffinamento della ricerca; Vincoli; Progettazione della fitness.

Problemi di ottimizzazione con algoritmi genetici. Problemi di ottimizzazione fuzzy; Problemi di ottimizzazione multi-obiettivo; Problemi di ottimizzazione combinatoriali; Problemi di scheduling; Problemi di trasporto

Modelli avanzati di computazione evolutiva Genetic Programming; Particle Swarm Optimization; Ant Colony Optimization

Modulo B– Sistemi a logica fuzzy (5 cfu)

Introduzione. Il problema dell'imprecisione; Prospettiva storica; L'utilità dei sistemi fuzzy; Limitazioni dei sistemi fuzzy; Incertezza e informazione; Fuzzy set e la relazione di appartenenza; casualità e fuzziness; vista geometrica degli insiemi fuzzy.

Insiemi crisp e insiemi fuzzy. Richiami di teoria degli insiemi; Definizione di insieme fuzzy; operazioni su insiemi fuzzy; proprietà degli insiemi fuzzy; insiemi fuzzy non interattivi; operazioni alternative sugli insiemi fuzzy; Il prodotto cartesiano; Richiami sulle relazioni insiemistiche; Relazioni fuzzy; cardinalità delle relazioni fuzzy; Operazioni su relazioni fuzzy; Prodotto cartesiano fuzzy; Principio di composizione; Relazioni fuzzy di tolleranza e equivalenza.

Funzioni di membership. Caratteristiche delle funzioni di membership; Forme funzionali; Fuzzificazione; Defuzzificazione; alpha-cut; Definizione delle funzioni di membership: intuito, inferenza, ordinamento, reti neurali, etc.

Sistemi a logica fuzzy. Richiami di logica; Logica fuzzy; Approximate Reasoning; Linguaggio naturale; Modificatori linguistici; Sistemi fuzzy basati su regole; Tecniche grafiche di inferenza; Apprendimento di regole dai dati; Simulazione dei sistemi fuzzy.

Classificazione e clustering fuzzy. Clustering mediante relazioni di equivalenza; Cluster Analysis; Validità dei cluster; Clustering basato sul centroide; Fuzzy C-Means; Analisi delle feature; Classificazione fuzzy.

Principio di estensione e aritmetica fuzzy. Il principio di estensione; L'aritmetica degli intervalli; Aritmetica fuzzy; Metodi approssimati per l'aritmetica fuzzy.

Riferimenti bibliografici

S. Haykin, "Neural Networks and Learning Machines", 3rd ed. Prentice Hall, 2008, 978-0131471399

T. Ross, "Fuzzy Logic with Engineering Applications" 2nd ed., Wiley, 2004, 978-0470860755"

W. Pedrycz, F. Gomide, "Fuzzy System Engineering: Toward Human Centric Computing", Wiley-IEEE Press, 2007

W. Pedrycz, A. Bargiela, "Granular Computing: An introduction", Kluwer, 2002, 978-1402072734

S.N. Sivanandam, S.N. Deepa, "Introduction to Genetic Algorithms", Springer, 2007 ISBN 978-3540731894

Tecniche numeriche avanzate per l'elaborazione dell'informazione

N° ORE LEZIONI FRONTALI 64 N° CREDITI 8

N° ORE ESERCITAZIONI 0 N° CREDITI 0

N° ORE LABORATORIO 30 N° CREDITI 2

N° ORE STUDIO INDIVIDUALE: 156

TOTALE CREDITI 10 (8 T1+ 2 T2)

PRE-REQUISITI: Metodi Numerici per l'informatica

OBIETTIVI FORMATIVI

L'obiettivo del corso è quello di presentare gli aspetti fondamentali di alcune metodologie di apprendimento statistico ("statistical learning") e alcuni modelli matematico-computazionali e di algebra lineare numerica utilizzabili nei contesti in cui è necessario trattare dati derivanti da domini strutturati ("learning in structured domain"). Particolare attenzione sarà rivolta all'impiego delle tecniche analizzate nello sviluppo di sistemi ibridi di Intelligenza Computazionale e alla loro applicazione in specifiche aree di interesse, quali l'information retrieval e l'image processing.

OBIETTIVI PROFESSIONALIZZANTI

Comprensione profonda delle tecniche di algebra lineare numerica per la classificazione e l'ordinamento di dati strutturati. Conoscenza di alcuni modelli avanzati di apprendimento statistico.

Modulo A: Metodi di classificazione e ordinamento di documenti (5cfu)

Richiami di algebra lineare. Spazi vettoriali R^n , matrici, norme vettoriali e matriciali, prodotti scalari, fattorizzazioni di matrici. Sottospazi generati. Decomposizione a valori singolari (SVD) e sue proprietà. Interpretazione dei fattori della SVD in diverse applicazioni informatiche.

Modelli matematici per l'Information Retrieval. Modello dello spazio vettoriale e matrice termini-documenti. Metodi di Latent Semantic Indexing (LSI). SVD e approssimazione low rank dello spazio semantico dei documenti. Vettori delle query e dei documenti nello spazio LSI. Il processo di query matching. La gestione di collezioni di documenti dinamici: le tecniche del folding-in e SVD updating.

Tecniche numeriche per il clustering e la classificazione automatica dei documenti. Introduzione. Algoritmi di cluster analysis. Algoritmo del K-means. Quantizzazione vettoriale. Ordinamento di documenti in un ipertesto. Analisi dei link. L'algoritmo di Kleinberg. I concetti di hub e authorities. Il modello probabilistico di navigazione in un ipertesto. Catene di Markov. La matrice di Google e il vettore PageRank. Metodi per il calcolo di densità stazionarie e loro utilizzo negli algoritmi di page ranking. Il modello SALSA.

Fattorizzazioni non-negative (NMF). Introduzione, definizioni e proprietà. Calcolo di una fattorizzazione non-negativa come problema di minimo. Funzioni costo: norma di Frobenius e divergenza di Kullback-Leibler generalizzata. Algoritmi per il calcolo di una fattorizzazione non negativa: algoritmo moltiplicativo, l'algoritmo additivo, algoritmi basati sul gradiente discendente, algoritmi di tipo "alternative non-negative least square". Relazione tra le NMF e altre tecniche. Problematiche legate all'unicità di una fattorizzazione non-negativa. Fattorizzazioni non negative con strutture matriciali addizionali: sparsità e ortogonalità. NMF e sue applicazioni in pattern recognition e analisi dei dati. Document clustering basato sulle NMF.

Modulo B: Metodi di Unsupervised Statistical Learning (5 cfu)

Analisi delle componenti principali (PCA). Introduzione e generalità. Matrice di covarianza e di correlazione dei dati. Autovalori e autovettori. Diagonalizzazione di una matrice simmetrica. Autovalori di una forma quadratica definita positiva. Componenti principali di vettori di variabili aleatorie. Combinazioni lineari di massima varianza. Significato statistico e probabilistico delle componenti principali. Analisi delle componenti principali per insiemi di dati multivariati. Rette di minima distanza da punti osservati. Impiego nell'analisi esplorativa di dati. Bi-plots. Euristiche per il calcolo del numero ottimale delle componenti principali. PCA e suo uso per la selezione di un sottoinsieme di variabili. Applicazione della PCA all'elaborazione delle immagini. Eigenface e il riconoscimento facciale. Applicazioni della PCA alla spettroscopia. Applicazioni della PCA alle analisi di mercato.

Analisi delle componenti indipendenti (ICA). Definizioni e proprietà fondamentali. Meccanismi di stima per l'ICA. Misure di non-gaussianità. Minimizzazione della mutua informazione. Stima della massima verosimiglianza. La fase di pre-processing legata al calcolo delle componenti indipendenti. Algoritmi infomax, FastICA e JADE. Applicazioni dell'ICA all'elaborazione delle immagini. Applicazioni dell'ICA a EEG e a ECG. Analisi delle componenti indipendenti per l'estrazione di conoscenza da archivi.

Testi e articoli di riferimento:

S. Dominich, **The moder algebra of information retrieval**, Springer 2008

A. N. Langville, C. D. Meyer: **Google's PageRank and beyond**. Princeton Univ. Press, 2006.

C. Meyer, **Matrix Analysis and Applied Linear Algebra**, SIAM, 2003.

I. T. Jolliffe, **Principal Component Analysis**, Second Edition, Springer Series in Statistics, 2002.

M. W. Berry, M. Browne. **Understanding Search Engines: Mathematical Models and Text Retrieval**. SIAM, 1999.

P. Paatero, U. Tapper (1994). "**Positive matrix factorization: A non-negative factor model with optimal utilization of error estimates of data values**". *Environmetrics* 5: 111–126.

Daniel D. Lee , H. Sebastian Seung (1999). **Learning the parts of objects by non-negative matrix factorization**. *Nature* 401 (6755): 788–791.

A. Hyvärinen, E. Oja (2000): **Independent Component Analysis: Algorithms and Applications**. *Neural Networks*, 13(4-5):411-430

Daniel D. Lee, H. Sebastian Seung (2001). **Algorithms for Non-negative Matrix Factorization**. *Advances in Neural Information Processing Systems 13: Proceedings of the 2000 Conference*: 556–562, MIT Press.

N. Del Buono (2009) **Non-negative matrix factorizations: a review**. Technical Report, DIM-12/09. University of Bari. 2009.

Elaborazione di Immagini

N° ORE LEZIONI FRONTALI 64 N° CREDITI 8
N° ORE ESERCITAZIONI 0 N° CREDITI 0
N° ORE LABORATORIO 30 N° CREDITI 2
N° ORE STUDIO INDIVIDUALE: 156
TOTALE CREDITI 10 (8 T1+ 2 T2)

OBIETTIVI FORMATIVI

Obiettivo del corso è fornire i concetti base e le metodologie della elaborazione di immagini, con particolare attenzione ai metodi innovativi dell'Intelligenza Computazionale, che negli ultimi anni si sono rivelati complementari dei metodi tradizionali, consentendo lo sviluppo di algoritmi più robusti ed efficienti. Nel corso saranno presentati i fondamenti della elaborazione di immagini ed i metodi di Intelligenza Computazionale applicati alla elaborazione di immagini, dando particolare enfasi alla elaborazione di immagini a colori, alla analisi a multirisoluzione e alla segmentazione. I vari metodi saranno discussi e confrontati tramite esempi tratti da immagini reali e sintetiche.

Modulo A - Fondamenti della elaborazione di immagini (5cfu)

Introduzione. La percezione visiva, acquisizione di immagini, operazioni matriciali e puntuali, operazioni aritmetiche e logiche, operazioni spaziali.

Trasformazioni spaziali e filtraggio spaziale. Elaborazione di istogrammi, correlazione e convoluzione spaziale, filtri spaziali di smoothing e sharpening. Filtraggio nel dominio delle frequenze. Cenni sulla trasformata di Fourier e sui filtri nel dominio delle frequenze

Elaborazione di immagini a colori. Modelli RGB, CMY, HSI, HSV. Elaborazione di immagini a falso colore. Segmentazione di immagini basate sul colore
Analisi a multirisoluzione. Piramidi di immagini, codifica per sottobande, trasformata di Haar.

Morfologia applicata alle immagini digitali. Algoritmi morfologici fondamentali. Morfologia in scala di grigio.

Segmentazione di immagini. Individuazione di edge, linee e punti. Thresholding. Segmentazione basata sulle regioni. Segmentazione mediante watershed morfologica.

Modulo B - Metodi di Intelligenza Computazionale per l'elaborazione di immagini (5cfu)

Introduzione ai paradigmi di Intelligenza Computazionale. Il paradigma neurale. Il paradigma fuzzy.

Il paradigma fuzzy per l'elaborazione di immagini. Sistemi basati su regole fuzzy per contrast enhancement, color image processing e analisi a multirisoluzione. Il tool FuzzyJ.
Fuzzy clustering e metodi per la segmentazione di immagini a colori e a scala di grigio. Applicazioni al content-based image retrieval.

Il paradigma neurale per l'elaborazione di immagini. Reti neurali con apprendimento unsupervised per la segmentazione di immagini. Applicazioni al content-based image retrieval.

Riferimenti bibliografici

- Gonzalez and Woods, **Digital Image Processing**, Prentice Hall, 2008, 978-0-131-68728-8
- Burger, Burge, **Digital Image Processing – An algorithm Introduction using Java**, 2008, Springer, ISBN: 978-3-540-30941-3
- Nachtegaele, Van der Weken, Kerre, Philips, **Soft Computing in Image Processing - Recent Advances**, Series: [Studies in Fuzziness and Soft Computing](#), Vol. 210, 2007, Springer, ISBN: 978-3-540-38232-4
- Stuart William Perry, Hau-San Wong, Ling Guan, **Adaptive Image Processing: A computational Intelligence Perspective**, CRC Press, 2002. - ISBN: 0849302838 - [E-books CRC : http://www.engnetbase.com/](#)
- Kerre and Nachtegaele, **Fuzzy Techniques in Image Processing**, Series: [Studies in Fuzziness and Soft Computing](#), Vol. 52, 2000, Springer, ISBN: 978-3-7908-1304-3
- Hassanien, Abraham, Kacprzyk, Peters, **Computational Intelligence in Multimedia Processing: Foundation and Trends**, 2008, Springer, ISBN: 978-3-540-76826-5
- P. F. Whelan and D. Molloy, **Machine Vision Algorithm in Java**, 2001, Springer
- N.M. Nasrabadi, A.K. Katsaggelos, **Applications of artificial neural networks in image processing**, 1996, ISBN 9780819420381
- B. Prasad, **Speech, Audio, Image and Biomedical Signal Processing Using Neural Networks**, Springer, 2008. ISBN 9783540753971

Modellistica cognitiva

N° ORE LEZIONI FRONTALI 64	N° CREDITI 8
N° ORE ESERCITAZIONI 0	N° CREDITI 0
N° ORE LABORATORIO 30	N° CREDITI 2
N° ORE STUDIO INDIVIDUALE: 156	
TOTALE CREDITI 10 (8 T1+ 2 T2)	

OBIETTIVI FORMATIVI

Nel Modulo A : si analizza il processo di concettualizzazione dei **sistemi** e si fornisce un quadro di riferimento teorico e metodologico per la formulazione e la risoluzione di modelli simbolici di sistema, in particolare modelli matematici e modelli algoritmici.

Si intende inoltre, nell'ambito della teoria dei sistemi dinamici, fornire una visione unificante del metodo scientifico, basato sull'uso di esperimenti e modelli, che consenta un utilizzo appropriato di tecniche, linguaggi e formalismi noti.

Il modulo A è concepito in modo tale da fornire le basi per la modellizzazione di sistemi complessi (modulo B) non formalizzabili nell'ambito dei paradigmi classici.

Modulo A : Sistemi e Modelli di Sistema (5cfu)

Introduzione

Si introduce il concetto di sistema come parte della realtà distinta da uno sfondo mediante una operazione cognitiva e si discutono le nozioni di percezione, rappresentazione, conoscenza ed informazione nel contesto delle correnti di pensiero scientifico e filosofico da cui sono scaturite ed in relazione alle attuali correnti di pensiero quali cognitivismo e costruttivismo. In particolare si pone l'accento sulla relazione fra teoria ed osservazione ed sul ruolo fondamentale dell'osservatore. Nell'ambito della discussione su Percezione e Conoscenza si richiamano: le origini del costruttivismo, il razionalismo, l'empirismo ed in particolare il punto di vista Kantiano.

Scienza dei Sistemi

Olismo e Riduzionismo. Origine e sviluppo della scienza dei sistemi. Metodi e finalità della scienza dei sistemi.

Sistemi

Definizione ed operazione cognitiva di distinzione di un sistema. Concettualizzazione di sistema. Unitarietà e Invarianza, Decomponibilità ricorsiva. Distinzione ed Identificazione di sistema. Analisi di sistema: obiettivi dell'Analisi, termine e risultati dell'Analisi.

Relazioni strutturali. Relazioni funzionali. Interazioni. Relazioni feedback e feedforward. Il Principio di Causalità.

Il concetto di Sistema funzionale. Interazione tra sistema osservato ed osservatore.

Comportamenti ed attività invariante in un sistema funzionale.

Conoscenza, Rappresentazione e Modelli

Modellizzazione come un processo cognitivo per l'acquisizione di conoscenza. , Soggettività e finalità dei modelli, modelli materiali e modelli simbolici.

La natura ed il ruolo delle rappresentazioni nel processo di modellizzazione facendo riferimento sia alle rappresentazioni interne/mentali che a quelle esterne. Rappresentazioni interne nei sistemi cognitivi e nelle macchine. Si discutono le relazioni fra scopo di un modello, modello concettuale e modello formale di sistema.

Modelli Simbolici di Sistema

Accuratezza, precisione e completezza dei modelli simbolici. Modelli in linguaggio naturale. Modelli grafici. Modelli formali. Modelli matematici. Modelli algoritmici. Modelli logici e qualitativi. Meccanismi di soluzione.

Modelli Formali Generativi

Informazione contenuta nei modelli generativi. Tipi di variabili e formalismi per la rappresentazione di spazio e tempo. Identificazione di una forma analitica. Modelli teorici e modelli empirici. Modelli 'state-space' e modelli ad eventi discreti. Modelli input-output. Principi alla base della costruzione di modelli. Tipi di modelli in accordo a diversi criteri di classifica.

Principi alla base della modellizzazione.

Viene formulato e discusso un insieme di principi generali che forniscono una guida utile per la formulazione di modelli di sistema.

Modulo B: Processi Cognitivi e Comportamenti di Sistemi Complessi (5cfu)

Problemi a complessità organizzata

Caratteristiche peculiari dei sistemi a complessità organizzata con particolare riferimento ai sistemi viventi: complessità descrittiva, anticipazione, diverse scale temporali, livelli gerarchici, etc.

Limiti della Teoria dei sistemi dinamici (DST) classica e uso di approssimazioni.

Complementarità di olistico e riduzionismo per la modellizzazione di sistemi complessi

Modelli strutturati nel paradigma DST. Identificazione di sottomodelli, contenuto e contesto dei sottomodelli, validità dei sottomodelli e del modello globale.

Cognitivismo

La rivoluzione cognitiva e la teoria computazionale della mente.

La rivoluzione cognitiva contestuale.

Cenni alle ricerche di Antonio Damasio, alla teoria dell'Autopoiesi, alle ricerche di Rosen sui sistemi anticipatori. Processi cognitivi e comportamenti di sistemi a complessità organizzata.

Approcci comparativi: approccio computazionale, approccio DST macro, approccio biomimetico.

Conoscenza dell'osservatore e modellizzazione

Relazione fra teoria ed osservazione ed il ruolo fondamentale dell'osservatore.

Formalizzazione della conoscenza dell'osservatore e modelli gerarchici.

Sistemi aperti ed autoorganizzazione

Sistemi aperti e chiusura operativa. Invarianza dell'attività/organizzazione nei sistemi funzionali a complessità organizzata.

Approccio DST macro

Presentazione di una metodologia e di un ambiente software sviluppati per la formulazione e la soluzione di modelli formali consoni alla rappresentazione di problemi a complessità organizzata e per lo studio dei meccanismi alla base dell'autoorganizzazione..

Testi di riferimento

Klir G.J Facets of System Science, Plenum Press

Ludwig von Bertalanffy, Teoria Generale dei Sistemi, Oscar Mondatori

Delaney W. and Vaccari E. Dynamic Models and Devs Simulation, Marcel Dekker

Roitblat H.L and Meyer J.A.,Comparative Approaches to Cognitive Science, The MIT Press

Maturana H.R., Autopoiesi e Cognizione, Saggi Marsilio

si e Cognizione, Saggi Marsilio