

CURRICULUM VITAE ET STUDIORUM

- Luca Patanè -

Indice:

1 – DATI PERSONALI

2 - FORMAZIONE

3 – INCARICHI ISTITUZIONALI

4 – ATTIVITÀ SCIENTIFICA

A. Tematiche di Ricerca

B. Attività in gruppi di ricerca

C. Collaborazioni scientifiche con enti ed industrie

D. Responsabilità scientifiche per progetti di ricerca

5- ATTIVITÀ DIDATTICA

A. Attività didattiche universitarie

B. Altre attività didattiche

C. Assistenza agli studenti e tesi di laurea

6 - ATTIVITÀ DI FORMAZIONE ALL'ESTERO

7 - CONOSCENZE LINGUISTICHE, INFORMATICHE E DI LABORATORIO

8 -PARTECIPAZIONI A CONFERENZE NAZIONALI ED INTERNAZIONALI

9 - ESPERIENZE PROFESSIONALI CARATTERIZZATE DA ATTIVITA' DI RICERCA

10 – PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE

1 – DATI PERSONALI



Data di nascita: 15/02/1978
Luogo di nascita: Catania, Italia
Nazionalità: Italiana
Posta elettronica: lpatane@unime.it

2 - FORMAZIONE

- ◆ 1991-1996 **Maturità scientifica** presso il liceo “G.Galilei” di Catania, con votazione 60/60.
- ◆ 1996-2001 **Laurea in Ingegneria Informatica**, indirizzo Sistemi, presso l’Università degli Studi di Catania con votazione 110/110 e lode conseguita il 29/10/2001.
Tesi di laurea: “*Strategie di controllo biologicamente ispirate per la locomozione di robot esapodi*”, relatori il prof. Luigi Fortuna, il prof. Paolo Arena, il prof. Giovanni Muscato e l’ing. Mattia Frasca (Università degli studi di Catania).
L’attività svolta ha riguardato la formulazione di un modello matematico della dinamica di un robot esapode. Il sistema, sviluppato in Matlab, è stato utilizzato per lo studio di due differenti strategie di locomozione utilizzate per il controllo di legged-robot bio-ispirati: il controllo centralizzato basato su Central Pattern Generator (CPG) ed il controllo Decentralizzato, basato su riflessi, proposto dal prof. Cruse. Nel corso della tesi sono state effettuate diverse simulazioni nelle quali il robot ha affrontato differenti tipologie di terreno e sono stati raccolti tutti i dati necessari per la caratterizzazione dei due paradigmi di controllo della locomozione.
- ◆ Gennaio 2002 **Abilitazione alla professione di Ingegnere** presso l’Università degli Studi di Catania.
- ◆ Nov. 2001 – Nov. 2004 Frequenza al corso di **Dottorato di Ricerca in Ingegneria Elettronica ed Automatica** XVII ciclo dell’Università degli Studi di Catania, usufruendo della borsa di studio ministeriale.
Tesi di Dottorato: “*Bio-inspired Robots: from Sensing toward Perception*”, tutor prof. Paolo Arena, Coordinatore prof. Luigi Fortuna.
Gli argomenti discussi nella tesi riguardano il tema della robotica biologicamente ispirata. Le tematiche affrontate sono state suddivise in tre parti principali: il controllo della locomozione, il feedback sensoriale ed i sistemi percettivi. Nella prima parte sono stati investigati i principi biologici propri del CPG e la metodologia utilizzata per la realizzazione di un CPG artificiale basato su Cellular Neural Network (CNN). Il paradigma delle CNN, basato su sistemi non

lineari localmente connessi, ha permesso l'integrazione del sistema di controllo, portando alla realizzazione di un CNN-based VLSI chip per la generazione di pattern di locomozione per robot multi-giunto. Il chip è stato realizzato con la tecnologia Switched Capacitor (SC) che permette di modificare le costanti di tempo del circuito variando la frequenza di un clock esterno. Il chip è stato utilizzato su differenti tipologie di robot: robot esapodi e ottopodi dotati di 18 e 24 DoF attuati con servomotori, robot lampreda attuato con servomotori e con materiali a memoria di forma, mini-robot Esaplif dotato di attuatori piezo-elettrici. Nella seconda parte è stata investigata la possibilità di introdurre diverse tipologie di feedback sensoriale ai vari livelli di controllo. In particolare, sono stati trattati: il controllo di direzione, il riflesso elevatore utilizzato dal robot esapode per il superamento di ostacoli, l'importanza di integrare un controllo di postura, il riflesso di looming ispirato alla locusta utilizzato per evitare le collisioni e la phonotaxis per il riconoscimento dei suoni ispirato al grillo.

La terza parte della tesi riguarda lo studio delle teorie sui sistemi percettivi, quali la teoria costruttivista di Gregory, la teoria della percezione diretta di Gibson e la teoria del ciclo percettivo di Neisser. Sulla base di questi principi teorici sono state sviluppate differenti architetture di sistemi cognitivi orientati all'azione, applicati a robot mobili per la navigazione autonoma. Uno degli schemi proposti considera il fenomeno della percezione come un sistema dinamico in continua evoluzione capace di generare pattern spazio-temporali, una forma di rappresentazione interna che il sistema fa dell'ambiente. L'architettura realizzata prevede una CNN capace di generare pattern di Turing sulla base delle condizioni iniziali che vengono fissate dagli ingressi sensoriali, ed un secondo livello necessario per realizzare l'associazione tra percezione e azione effettuato tramite una Motor Map, che presenta un algoritmo di apprendimento non supervisionato basato su una funzione di Reward.

- ◆ Febbraio 2005 - Titolo di **Dottore di Ricerca in Ingegneria Elettronica ed Automatica** conseguito presso l'Università degli Studi di Catania in data 25/02/2005.
- ◆ Maggio 2005 ad Ottobre 2011- **Assegnista di Ricerca** nel settore scientifico disciplinare ING-INF 04 "Automatica" presso il DIEEI dell'Università degli Studi di Catania – programma di ricerca "Strategie innovative bio-ispirate per il controllo di sistemi di movimentazione."
- ◆ Ottobre 2011 ad Ottobre 2017- **Assegnista di Ricerca** (Legge 240/2010) nel settore scientifico disciplinare ING-INF 04 "Automatica" presso il DIEEI dell'Università degli Studi di Catania – programma di ricerca "Embodied Motion Intelligence for Cognitive Robots."
- ◆ Giugno 2007 – Titolo di **abilitazione per l'insegnamento (SISSIS)** per la classe di concorso A034 – Elettronica, conseguito presso l'Università degli Studi di Catania in data 05/06/2007.
- ◆ Settembre 2007 – **Professore a tempo indeterminato per la scuola superiore di secondo grado** per la classe di concorso A040 (ex A034) – Scienze e Tecnologie elettriche ed elettroniche.
- ◆ Per l'anno Accademico 2018-19 è titolare come **professore a contratto dell'insegnamento di Teoria dei Sistemi** (M-Z) presso il corso di Laurea in Ingegneria Informatica di competenza del Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Elettronica e Informatica, presso l'Università degli studi di Catania.

- ◆ Novembre 2019 ad oggi – **Ricercatore a tempo determinato di tipo A** per il Settore scientifico disciplinare: ING-INF/04 – Automatica, presso il Dipartimento di Ingegneria dell’Università degli studi di Messina.
- ◆ Gennaio 2020 - **Abilitazione scientifica nazionale per la II fascia** nel settore concorsuale 09/G1– Automatica. Valido dal 10/01/2020 al 10/01/2029 (art. 16, comma 1, Legge 240/10)

3 – INCARICHI ISTITUZIONALI

- ◆ Da Aprile 2020 fa parte del **Collegio dei docenti del dottorato** in Bioingegneria Applicata alle Scienze Mediche istituito presso l’Università degli studi di Messina.
- ◆ Nel Luglio 2020 è stato eletto membro della **Commissione Paritetica** del Dipartimento di Ingegneria dell’Università degli studi di Messina per un biennio.
- ◆ Da Ottobre 2020 è **componente del Comitato Ordinatore** dell’istituendo corso di Laurea Triennale in **Ingegneria Biomedica** (classe L-8) del Dipartimento di Ingegneria dell’Università degli studi di Messina.
- ◆ Da Novembre 2019 è **componente del Comitato Ordinatore** del corso di Laurea Triennale in **Ingegneria Gestionale** (classe L-9) del Dipartimento di Ingegneria dell’Università degli studi di Messina.
- ◆ Nel Luglio 2020 ha fatto parte della **commissione giudicatrice esami finali del corso di Dottorato di Ricerca** in Ingegneria dei Sistemi, Energetica, Informatica e delle Telecomunicazioni 32° ciclo, Università degli studi di Catania.
- ◆ Nel Febbraio 2021 ha fatto parte della **commissione giudicatrice esami finali del corso di Dottorato di Ricerca** in Ingegneria dei Sistemi, Energetica, Informatica e delle Telecomunicazioni 33° ciclo, Università degli studi di Catania.

4 – ATTIVITÀ SCIENTIFICA

- Viene di seguito riportata l’attività scientifica svolta evidenziando le tematiche affrontate ed i risultati ottenuti.

4 Tematiche di Ricerca

1. Embodied Motion Intelligence for Cognitive Robots

Una delle tematiche su cui si è focalizzata l’attività di ricerca è rivolta alla formalizzazione di un approccio bio-ispirato per la modellistica e il controllo di sistemi cognitivi artificiali. L’elemento

chiave preso in considerazione è l'interazione tra body e brain, in particolare come le caratteristiche intrinseche del corpo (numero di gradi di libertà, struttura cinematica, etc) vengono utilizzate per la pianificazione ed il controllo del movimento in sistemi complessi come robot esapodi [CI01, CI02, R01]. L'attività di ricerca investe in modo trasversale tematiche riguardanti i Controlli Automatici, la Robotica le Neuroscienze, (e.g. sviluppo di schemi di controllo annidati per la coordinazione senso-motoria, integrazione multisensoriale, modello interno del corpo, algoritmi per la pianificazione).

Sono stati inoltre approfonditi dei modelli per l'apprendimento mirati all'interazione cognitiva con l'ambiente, includendo la loro implementazione su piattaforme hardware dedicate. Particolare riferimento è stato rivolto all'implementazione di paradigmi di locomozione a partire da modelli di tipo Central Pattern Generator o Controllo decentralizzato, entrambi in riferimento a robot esapodi [RI05-CI22]. Nell'ambito di tale attività, e facendo riferimento a necessarie e comprovate esperienze pregresse su modelli di robot bioispirati, è stato affrontato il problema del motor learning. Per far ciò sono stati presi in considerazione gli insetti, con particolare riferimento alla *Drosophila melanogaster* e l'insetto stecco. Le strategie proposte, e i modelli di controllo sviluppati sono stati validati su un robot esapode utilizzato come dimostratore. Il robot è in grado di sfruttare le informazioni sensoriali acquisite durante il movimento per sviluppare un modello interno del proprio corpo che verrà utilizzato per controllare le interazioni con l'ambiente esterno e per pianificare le proprie azioni sulla base del task assegnato [CI44].

I risultati ottenuti nel corso dei Progetti Europei SPARK I e II, riguardanti la modellizzazione di strutture neurali quali i Mushroom Bodies e il Central Complex nella *Drosophila*, sono stati ulteriormente approfonditi per poter sviluppare un modello computazionale del cervello di un insetto [EB01- EB02].

La ricerca è intesa quindi a sviluppare modelli computazionali di elementi chiave che permettono agli insetti di mostrare comportamenti complessi: pre-processamento di informazioni sensoriali ed integrazione multimodale, rappresentazione interna del proprio corpo, apprendimento di sequenze ed altro [R17]. In questo ambito esistono diverse prove acquisite attraverso analisi neurobiologiche ed esperimenti comportamentali che dimostrano come gli insetti siano capaci di mostrare comportamenti complessi come l'esplorazione di terreni sconnessi, apprendimento classico e operante, apprendimento di sequenze, gestione di informazioni contraddittorie, ed altro. Le ipotesi formulate attraverso gli esperimenti biologici possono essere validate tramite l'implementazione su robot e questo potrebbe portare in pochi anni allo sviluppo di un robot insettoide, dove l'integrazione tra la struttura del corpo e il sistema di controllo, entrambi ispirati al mondo degli insetti, permetta al robot di mostrare capacità emergenti mirate alla risoluzione di problemi di interesse. Infine, le capacità dei singoli individui sono state analizzate in scenari che comprendono più robot che devono svolgere un unico compito che può essere suddiviso in task. Gli algoritmi di apprendimento inclusi nelle strutture hanno quindi permesso una suddivisione dei task tra il gruppo di robot in modo da massimizzare la reward riducendo lo spazio percorso nell'ambiente. I risultati ottenuti sono stati analizzati in modo statistico su un grande numero di ambienti e configurazioni [RI18, RI19].

2. Bio-inspired robotics e controllo della locomozione

Una delle tematiche di studio affrontate riguarda la robotica biologicamente ispirata. L'attività di ricerca è stata portata avanti nell'ambito del controllo della locomozione di sistemi multigiunto sulla base di principi biologici. Sono state quindi progettate diverse strutture di controllo gerarchico (CPG) utilizzando il paradigma delle reti neurali cellulari. Questa attività ha portato alla realizzazione di un chip VLSI con tecnologia Switched Capacitor (SC) che è stato utilizzato

per il controllo di diversi robot con zampe (esapodi e ottopodi) ed anche un robot lampreda [RI02, CI23, CI11].

Una seconda linea di ricerca seguita in collaborazione con il Prof. Cruse dell'Università di Bielefeld, prevede la realizzazione di un sistema di controllo ispirato all'insetto stecco, di tipo reflex-driven [CI03, CI28]. Per la modellizzazione di tale sistema sono state adoperate delle reti di neuroni biologicamente ispirati di tipo Integrate and Fire (IF).

Parallelamente a questi studi sono stati sviluppati differenti sistemi sensoriali necessari per poter introdurre un feedback nei vari livelli dello schema di controllo. Sono stati investigati diversi metodi per l'implementazione, in robot con zampe, di riflessi locali quali l'elevator ed il searching ed è stata studiata l'interazione con controlli a più alto livello come il controllo di assetto [CI10, RI04]. Sono state inoltre sviluppate delle metodologie per il controllo della direzione di movimento che hanno permesso di implementare comportamenti simili a quelli presenti nei veicoli di Braitenberg. In collaborazione con la Prof. Webb dell'Università di Edinburgo sono stati sviluppati modelli di spiking networks per il riconoscimento di particolari pattern sonori ispirato al meccanismo di phonotaxis presente nel grillo [CI15, CI12].

Gli aspetti di modellistica e di progetto delle strutture meccaniche sono stati affrontati utilizzando ambienti di sviluppo CAD quali il 3D Studio ed il SolidWorks, mentre i problemi riguardanti il sistema di controllo e la dinamica dei robot sono stati curati utilizzando tool di simulazione quali il Dynamechs e il Visual Nastran 4D e il CoppeliaSim.

Tra le metodologie utilizzate per la generazione ed il controllo della locomozione, oltre che quella delle reti neurali cellulari, con i noti vantaggi relativi alla implementazione hardware, spicca anche la teoria della contrazione parziale. In particolare, sono stati ottenuti dei risultati che garantiscono condizioni di globale asintotica stabilità verso sottospazi flusso-invarianti. Ciò si riflette nel raggiungimento di oscillazioni stabili tra i neuroni che controllano le varie zampe del robot con sfasamenti preassegnati, a patto che l'autovalore massimo dello Jacobiano del singolo neurone disaccoppiato, linearizzato lungo l'orbita descritta dal ciclo limite, soddisfi certe condizioni rispetto all'autovalore minimo del laplaciano del grafo che descrive il controllore neurale completo, rappresentato tramite un grafo ad albero non diretto e diffusivo [CI63].

Come risultato di questa attività di ricerca sono stati realizzati diversi prototipi alcuni dei quali vengono di seguito brevemente descritti.

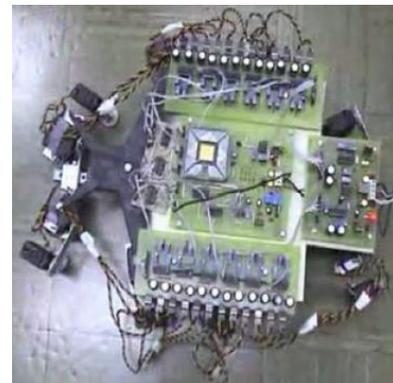
PChex robot – è un robot esapode dotato di 18 gradi di libertà (DoF), il sistema è tele-guidato da PC tramite un modulo di comunicazione wireless. L'algoritmo di controllo implementato è un CPG realizzato secondo il paradigma delle CNN. Il robot è dotato di un sistema di sensori in grado di monitorare alcune variabili fondamentali quali la velocità del robot e la corrente assorbita dai motori, tali informazioni vengono trasferite al PC per poter effettuare un'analisi sullo stato del sistema [TD].



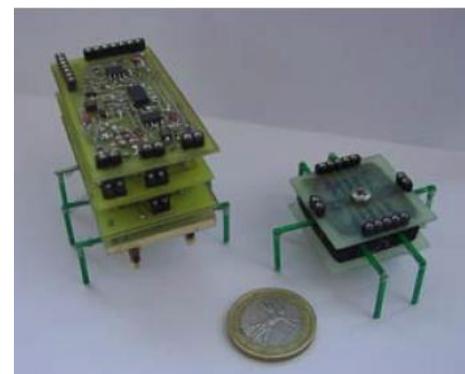
MTA hexbot – è un robot a sei zampe, autonomo, dotato di 12 DoF. Il sistema di controllo presente sul robot comprende un circuito analogico realizzato con componenti discreti del CPG implementato con CNN secondo l'approccio Multi-template (MTA). Il robot è in grado di riprodurre 3 differenti pattern di locomozione tipici degli insetti ed inoltre è possibile attuare un controllo di direzione, il sistema può essere teleguidato tramite comandi a radio frequenza. Il robot, alimentato tramite batterie ricaricabili, mostra un'autonomia di circa 1h ed è in grado di supportare un payload di 4 kg. Un secondo prototipo denominato SixBlack è stato dotato di sensori di distanza e di contatto, per implementare un feedback sensoriale a basso livello [CI11, CI26].



Crabchip robot – è un robot a otto zampe che presenta 24 DoF. La configurazione della struttura meccanica garantisce un alto margine di stabilità al sistema. I pattern di locomozione vengono generati a bordo del robot da un CNN-based CPG chip progettato per emulare il movimento dei crostacei marini. Il robot è in grado di eseguire movimenti omnidirezionali (comportamento simile al granchio) grazie ad un opportuno indirizzamento dei segnali di controllo ai tre giunti presenti in ogni zampa [TD].



Esaplif robot – è un mini-robot la cui struttura meccanica presenta 6 zampe ognuna delle quali è costituita da 2 elementi piezo-elettrici connessi a 90°. Le zampe sono posizionate su di un corpo di forma quadrata di circa 1 cm di lato. Il robot è controllato dal CNN-based CPG chip che attualmente non è a bordo. Le prove effettuate hanno dimostrato come utilizzando una frequenza di clock pari a 49Hz, il robot riesce a raggiungere una velocità media pari a 2 mm/s. Il controllo delle costanti di tempo del circuito tramite un clock esterno è possibile grazie alla tecnica SC utilizzata per la progettazione VLSI. Per tale motivo il chip è in grado di interfacciarsi con diversi tipi di attuatori: servomotori, materiali piezo-elettrici, Shape memory alloy ed altri.



MiniHex robot – è un robot esapode a 12 DoF controllato tramite un CNN-based CPG chip presente a bordo del robot. Il robot, di dimensioni ridotte, è dotato di sensori infrarosso utilizzati per risolvere problemi di *obstacle avoidance* e *object following*. Il pattern di locomozione e la *stepping frequency* possono essere modificate in real time agendo sui segnali di ingresso del chip analogico [CI23, CI57, RI02].



Gregor robot – è un robot esapode sviluppato con una configurazione delle zampe asimmetrica ispirata allo scarafaggio. Il robot presenta un assetto *sprawled* che permette una migliore distribuzione del carico e facilita operazioni quali il superamento di ostacoli. La struttura è autonoma e presenta un sistema di controllo basato su FPGA. Ogni zampa è dotata di sensori di contatto che permettono di percepire il terreno e di adattare la locomozione utilizzando riflessi di ricerca. Il robot presenta anche delle antenne che permettono di guidare il posizionamento delle zampe anteriori, riconoscendo urti con oggetti, potendone anche identificare la distanza e classificare il tipo di materiale [RI15, CI34, CL10, EB01].



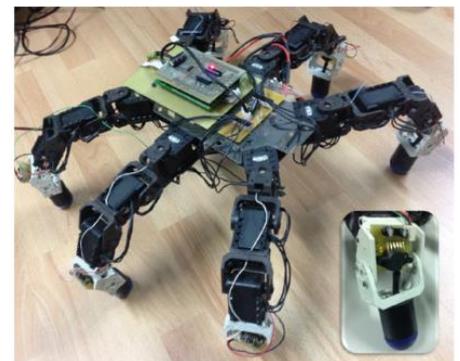
Rover II - un robot su ruote, di tipo differential drive, dotato di sensori di contatto, di distanza e di visione utilizzato per la prima sperimentazione degli algoritmi percettivi e la successiva ottimizzazione tramite campagne mirate. Il sistema percettivo è implementato a bordo tramite una scheda basata su FPGA [RI07-RI08].



Tribot robot – è un robot ibrido caratterizzato da una struttura modulare. L'elettronica di controllo e l'alimentazione sono collocate in due moduli connessi tramite giunti elastici passivi, in cui sono stati inseriti dei sistemi ibridi di ruote/zampe chiamate whegs. Tali strutture permettono di coniugare la semplicità dell'attuazione ottenuta tramite un servomotore, con la flessibilità di movimentazione tipica delle strutture con zampe. E' stato inoltre incluso un modulo anteriore che contiene due manipolatori a 3 DoF, che possono essere utilizzati sia per prendere e/o spostare oggetti che per migliorare le capacità di locomozione del robot in particolare per il superamento di ostacoli. La struttura è stata dotata di diversi sensori ed utilizzata anche per lo sviluppo di algoritmi di apprendimento dei comportamenti [CI49, CI43, CL15, RI24].



Phantom X - una versione modificata di un robot commerciale: la scheda di controllo è stata progettata ad hoc per ospitare una rete CPG a controllo di fase globalmente asintoticamente stabile. Inoltre le sei tibie sono state sostituite con link appositamente progettati, che includono un sensore di pressione sulla parte terminale, con lo scopo di controllare la dinamica dei motoneuroni. Il sistema di acquisizione implementato permette un efficiente controllo di assetto, anche in assenza di un sensore inerziale a bordo, basandosi unicamente sulle informazioni dai sensori di pressione [CI76].



Le capacità di locomozione di robot bio-ispirati possono essere utilizzate anche in ambienti complessi quali quelli a rischio frana. Un'analisi di diverse possibili soluzioni è riportata in [RI24] dove strutture su zampe e ibride vengono valutate in ambienti non strutturati. Tra i problemi analizzati l'efficienza energetica è un aspetto rilevante per la locomozione ed è stato approfondito in [RI32] dove i segnali di controllo per un robot quadrupede, sono stati ottimizzati per migliorare gli indici di prestazione basati sul consumo energetico.

Una nuova strategia, basata sul controllo delle nullclines in oscillatori con nonlineari di tipo PWL è stata proposta in [RI25]. In particolare, sono state analizzate le dipendenze tra le pendenze delle nullclines e i periodi di oscillazione in neuroni di FitzHugh-Nagumo interconnessi. Diverse strategie di accoppiamento sono state valutate per controllare lo sfasamento tra gli oscillatori in modo da poter generare pattern di controllo per la locomozione di robot su zampe.

Il problema di ottimizzare l'accoppiamento tra sistemi dinamici per la sincronizzazione è stato infine analizzato in [RI27-RI29] dove un approccio basato sui metodi di Lyapunov per perturbazioni nonlineari di tipo vanishing è stato analizzato dal punto di vista teorico e quindi applicato a diversi sistemi caotici e ipercaotici.

3. Realizzazione Hardware dei sistemi di controllo

Nell'ambito delle attività di ricerca sviluppata sulle tematiche della bio-robotica, sono state analizzate diverse metodologie per la realizzazione hardware degli schemi di controllo proposti. In particolare, sono stati presi in esame due differenti approcci. Il primo prevede un'implementazione su hardware analogico: circuiti a componenti discreti, circuiti integrati e circuiti analogici programmabili. Il secondo approccio prevede l'utilizzo di sistemi digitali quali microcontrollori e circuiti logici programmabili (FPGA) [CI20]. Schede di controllo basate su FPGA sono state inoltre utilizzate per il controllo di piattaforme su ruote utilizzate per lo sviluppo di algoritmi di navigazione autonoma [RI08, RI09].

Per le diverse applicazioni sono stati valutati vantaggi e svantaggi delle possibili implementazioni. È stato inoltre sviluppato un prototipo utilizzando un'architettura ibrida che fa uso di circuiti analogici (CNN) per la generazione dei pattern di locomozione e circuiti digitali per la gestione degli attuatori, dei sensori e del sistema di comunicazione. Il robot è completamente autonomo in termini di alimentazione e controllo e lo stato dei sensori presenti a bordo può essere monitorato da un PC remoto che riceve i dati tramite comunicazione wireless. Da PC possono inoltre essere inviati dei comandi per teleguidare il sistema o per modificare alcuni parametri utilizzati per il controllo dei motori. La parte di comunicazione è gestita da due microcontrollori ST52 che si occupano anche dell'acquisizione dei segnali provenienti dai sensori mentre il controllo dei servomotori e la generazione dei PWM è affidata a sei microcontrollori PIC18F ognuno dei quali è preposto al controllo di una zampa dotata di tre gradi di libertà. La scheda di controllo e di monitoring comunica con i controllori locali delle zampe tramite bus I2C. La struttura è stata modificata nel corso degli anni ed utilizzata come laboratorio per lo studio di algoritmi di locomozione adattativi [CL10, CL11].

E' stato progettato e realizzato un CPG artificiale basato su CNN. Il paradigma delle CNN, sistemi non lineari localmente connessi, ha permesso l'integrazione del sistema di controllo, portando alla realizzazione di un CNN-based VLSI chip per la generazione di pattern di locomozione per robot multi-giunto. Il chip è stato realizzato con la tecnologia Switched Capacitor (SC) che permette di modificare le costanti di tempo del circuito variando la frequenza di un clock esterno [RI02, RI03]. Il chip è stato utilizzato su differenti tipologie di robot: robot esapodi e ottopodi dotati di 18 e 24 DoF attuati con servomotori, robot lampreda attuato con servomotori e con materiali a memoria di forma, mini-robot Esaplif dotato di attuatori piezo-elettrici. Grazie alle ridotte dimensioni del chip e al limitato consumo (circa 150 mW), si è realizzato un minirobot esapode, denominato MiniHex, dotato di 12 gradi di libertà, attuati con mini-servo [CI23, CL15].

Oltre ai sistemi di controllo di tipo centralizzato, sono stati analizzati e realizzati sistemi decentralizzati per il controllo della locomozione basati su riflessi. Il sistema, chiamato Walknet, è costituito da una serie di controllori indipendenti associati ad ogni zampa, che comunicano tramite delle influenze di coordinazione al fine di ottenere pattern di locomozione stabili. Walknet è basato su Reti Neurali Ricorrenti (RNN) che vengono utilizzate per generare le traiettorie di movimento dei singoli giunti tenendo in considerazione informazioni propriocettive quali: posizione dei giunti, contatto con il terreno e carico distribuito tra le zampe. La rete applicata dal Prof. H. Cruse ad un robot con struttura simmetrica, è stata estesa a robot asimmetrici come Gregor e, tramite ambienti di simulazioni dinamiche ed esperimenti sul prototipo, sono state valutate le prestazioni [CI28, CI34].

4. *Sistemi cognitivi*

Seguendo un procedimento di tipo bottom-up è stata sviluppata una struttura gerarchica che cerca di estendere i comportamenti riflessivi di base tipici del mondo animale, verso comportamenti di tipo deliberativo. È stato proposto un modello denominato “Insect Brain”, costituito da diversi blocchi funzionali, basati sulle strutture neurali identificate nel sistema nervoso degli insetti. Esistono dei percorsi pre-wired, conoscenza di base fornita al sistema, che rispecchiano i comportamenti innati basati sui riflessi: phonotassi, collision avoidance, optomotor reflex ed altri. Proseguendo nell’analisi della struttura è presente un layer, dedicato a svolgere le funzioni proprie del Mushroom Body, struttura neurale che negli insetti è preposta ad apprendere possibili correlazioni causali tra stimoli di base. I meccanismi utilizzati all’interno di questo livello sono: ISO ed ICO learning e la Short Timing Dependent Plasticity (STDP). In particolare, quest’ultimo meccanismo è stato applicato in una rete basata su neuroni spiking per apprendere ad utilizzare sensori complessi sulla base di comportamenti di base [CI25, RI10, RI12]. Proseguendo lungo questa gerarchia di blocchi funzionali, è stato introdotto un livello dedicato alla rappresentazione. Gli esseri viventi tipicamente cercano di creare delle rappresentazioni interne dell’ambiente che li circonda al fine di scegliere opportunamente l’azione da compiere, seguendo questo percorso è stato sviluppato un livello di rappresentazione basato su Reti Neurali Cellulari (CNN) configurate in modo da generare Pattern di Turing.

I pattern che emergono sulla base dei comportamenti reattivi, vengono utilizzati per modulare i comportamenti di base secondo un apprendimento di tipo non supervisionato in modo da associare in maniera autonoma ad un dato schema l’azione che massimizza una assegnata funzione di premio, dipendente dal compito che il robot è chiamato ad assolvere (action-oriented perception) [CI17, CI32]. In tal modo il sistema è a conoscenza dell’obiettivo da raggiungere ma deve apprendere a concatenare e modulare comportamenti di base per svolgere il compito assegnatogli. L’attività portata avanti mira alla formalizzazione dei processi cognitivi tramite sistemi dinamici non lineari che evolvono nello spazio e nel tempo. Tra i vari schemi che sono stati proposti in tale ambito, uno dei più interessanti trae ispirazione dalle teorie sui sistemi percettivi sviluppate da psicologi quali Gibson, Gregory, Neisser ed altri. La percezione viene rappresentata come un processo attivo in cui le sensazioni provenienti dagli stimoli esterni contribuiscono insieme, in modo auto organizzato, tipico dei sistemi complessi, alla generazione di schemi percettivi. Questi sono modellizzati tramite CNN di Reazione-Diffusione in grado di generare pattern di Turing, cioè stati globali di equilibrio, la cui regione di stabilità dipende dalla configurazione degli stimoli esterni [RI06, RI07]. Questi schemi percettivi vengono processati attraverso un apprendimento non supervisionato in modo da associare in maniera autonoma ad un dato schema l’azione che massimizza una assegnata funzione di premio, dipendente dal compito assegnato al robot (action-oriented perception). Lo schema completo presenta anche un livello contestuale (memoria a breve e lungo termine) che permette di memorizzare sequenze di stimoli e azioni che hanno portato al raggiungimento dell’obiettivo in modo da poter essere riutilizzate quando il robot si troverà in condizioni simili [RI11, RI17, RI20]. Gli ultimi sviluppi hanno portato all’introduzione di un ulteriore grado di plasticità nello strato iniziale di sensing che modifica le geometrie dei bacini di attrazione dei pattern in funzione degli stimoli provenienti dai sensori. Così facendo è possibile “saltare” in un nuovo attrattore quando le azioni eseguite non riescono a minimizzare la funzione di Reward. L’algoritmo proposto è stato applicato a problemi di navigazione, come il foraging task, ed è stato confrontato con altri sistemi percettivi, come il DAC5 sviluppato dal gruppo di ricerca del Prof. Verschure dell’Institute of Neuroinformatics di Zurigo. Questo studio ha messo in evidenza diversi aspetti innovativi che derivano dalle proprietà di auto-organizzazione,

clustering e plasticità, caratteristiche proprie dei sistemi dinamici utilizzati e tipici dei sistemi percettivi biologici. Un ulteriore vantaggio è rappresentato dal fatto che l'architettura progettata si presta ad una facile implementazione hardware.

Un altro schema percettivo sviluppato prevede l'utilizzo di sistemi caotici secondo i principi proposti dal Prof Freeman della University of California di Berkeley. Tali sistemi contengono infinite traiettorie instabili che possono essere controllate in modo da ottenere traiettorie stabili (cicli limite). Tali orbite possono essere considerate come delle rappresentazioni interne che il sistema associa all'insieme degli stimoli sensoriali a cui è soggetto.

5. Modelli di classificazione ed apprendimento motorio ispirati al Mushroom Bodies

L'attività di ricerca si basa sullo sviluppo di modelli di apprendimento ispirati alla *Drosophila melanogaster*, per applicazioni su robot bio-ispirati, in particolare sono stati considerati prototipi di robot esapodi e sistemi ibridi dotati di ruote e zampe.

Lavorando in stretto contatto con neurobiologi, è stato possibile approfondire argomenti riguardanti il motor learning negli insetti. Esperimenti relativi al superamento di ostacoli sono stati effettuati sulla *Drosophila* e su modelli simulati in ambienti dinamici utilizzando strutture neurali ispirate al reservoir computing per l'apprendimento e la memorizzazione delle sequenze motorie necessarie per il raggiungimento dell'obiettivo [CI72, R17].

La modellizzazione dei centri del cervello coinvolti, il Mushroom body (MB) ed il Central complex (CX), ha permesso lo sviluppo di una rete neurali per la creazione di una memoria a breve termine utilizzata per la navigazione e per la *path integration* sulla base delle informazioni disponibili sulle strutture biologiche di riferimento che in questo caso riguardano il CX ed in particolare l'Ellipsoid body [CI71].

Un ulteriore aspetto rilevante in ambito robotico riguarda la formazione di una rappresentazione interna del proprio corpo necessaria per poter effettuare delle analisi preventive e per poter fare delle scelte. La *Drosophila* presenta capacità di questo tipo e riesce ad apprendere informazioni riguardanti la sua "Body size" per poter decidere se un ostacolo è potenzialmente superabile. Utilizzando meccanismi di apprendimento basati su reward è stato proposto un modello che è stato testato sia all'interno di un simulatore dinamico che con una piattaforma robotica [CI70].

Classificazione ed apprendimento di sequenze sono importanti capacità utilizzate dagli esseri viventi per estrarre informazioni rilevanti dall'ambiente che verranno utilizzate per il controllo del comportamento. Il mondo degli insetti è pieno di esempi nei quali la successione temporale con la quale vengono presentati gli stimoli esterni, guida la risposta comportamentale.

Tenendo conto di questi principi e sulla base di architetture neurali ispirate alla *Drosophila melanogaster* precedentemente sviluppate [RI17, CI75], una nuova architettura per il *Sensory-motor control* tramite apprendimento di sequenze e sotto-sequenze è stata sviluppata [RI20].

La classificazione degli stimoli esterni di interesse viene effettuata tramite neuroni risonanti attivati da una dinamica complessa generata all'interno di un lattice di neuroni spiking connessi in modo da formare una struttura simile al Mushroom Bodies. La parte della rete dedicata alla creazione del contesto è in grado di ricostruire le sequenze apprese e di tenere traccia delle sottosequenze presenti. Le capacità della struttura sono state analizzate effettuando un'analisi della sensitività parametrica e di reiezione ai disturbi. La struttura di controllo è stata inoltre utilizzata su un roving robot per valutare le prestazioni sperimentalmente. Aspetti riguardanti l'apprendimento di capacità motorie sono stati attenzionati e sviluppati in ambienti di simulazione dinamici [RI21]. La possibilità di apprendere modelli del proprio corpo da utilizzare per identificare i varchi attraversabili è stata analizzata in [RI26] dove un sistema di apprendimento reward-based, applicato a neuroni spiking, ha permesso di guidare un robot esapode

nell'esplorazione di un ambiente creando un modello del proprio corpo in relazione agli elementi presenti.

Gli insetti rappresentano quindi una ricca fonte di informazioni sui meccanismi neurali alla base di comportamenti fondamentali per la sopravvivenza che sono comuni anche in animali più complessi come i mammiferi. Grazie ad analisi neuro-fisiologiche e a manipolazioni genetiche è stato possibile identificare i circuiti neurali responsabili di comportamenti proto-cognitivi quali: attenzione, aspettazione, apprendimento motorio e di sequenze. L'architettura proposta per modellizzare tali comportamenti contiene come elemento fondante una rete in grado di classificare gli stimoli forniti. Tale rete è stata formalizzata utilizzando il paradigma delle Reti Neurali Cellulari (CNNs) ed è stata messa a confronto con altre soluzioni presenti in letteratura utilizzando un database standard (Iris dataset) per un accurato benchmarking [CI77, RI22]. La struttura di base è stata inoltre formalizzata all'interno del paradigma della *reservoir computing* analizzando problemi di riduzione della topologia della rete [RI23] e successivamente estesa per applicazioni in sistemi decisionali di tipo binario [RI30]. Strutture basate su *reservoir come le Echo-state networks* sono state inoltre applicate per la realizzazione di soft sensors per applicazioni industriali [RI34]. Aspetti riguardanti la trasferibilità dei modelli sono stati attenzionati in [RI33].

6. Soft Computing per la predizione ed il controllo del rischio d'area

Nell'ambito del progetto di ricerca MIUR ISR1 "Sviluppo di metodologie innovative per la previsione, la mitigazione ed il controllo dei rischi derivanti da attività industriali chimiche e petrolifere", è stato sviluppato il tema di ricerca riguardante l'analisi del Rischio d'Area. L'obiettivo che è stato perseguito ha riguardo lo sviluppo di pacchetti software interattivi per la valutazione del rischio d'area basati su tecniche di tipo SoftComputing. A tal fine è stato realizzato un software con il quale poter effettuare un'analisi di rischio di tipo classico e nel quale sono stati inseriti dei moduli di calcolo delle conseguenze basati su metodologie di tipo SoftComputing. Maggiore attenzione è stata rivolta agli scenari incidentali di tipo dispersivo che comportano un rischio elevato su di un'ampia area geografica e sono soggetti ad una dinamica lenta, in queste condizioni è possibile attuare delle misure di emergenza sulla base di una simulazione dell'evento. In presenza di incidenti che comportano rilascio e dispersione di sostanze pericolose occorre conoscere con una certa precisione la condizione meteo-climatica ed in particolare l'evoluzione del campo di vento nella zona interessata. Sulla base di queste esigenze sono stati creati dei moduli di pre-elaborazione dei dati con lo scopo di realizzare un sistema di predizione in grado di determinare l'evoluzione del campo di vento (direzione e velocità) a breve termine (1h - 6h) basandosi sulle informazioni relative all'evoluzione avvenuta nei periodi precedenti. Per cercare di riprodurre la dinamica di un sistema complesso come questo sono state utilizzate tecniche di modellistica biologicamente ispirate quali le Reti Neurali Artificiali (ANN). L'obiettivo di creare un sistema di calcolo delle conseguenze in grado di fornire risultati in tempi molto brevi, in presenza di scenari dispersivi, è stato raggiunto utilizzando le potenzialità delle Reti Neurali Cellulari (CNNs), strutture in grado di risolvere le equazioni differenziali alle derivate parziali (PDE) tipiche dei fenomeni di dispersione e trasporto di gas pericolosi nell'aria. Le PDE vengono discretizzate per essere mappate in un lattice di celle, i parametri fisici che caratterizzano il fenomeno vengono tradotti in termini di template necessarie per l'evoluzione della CNN. In presenza di scenari che comprendono il rilascio di gas pesanti, i modelli classici di Crunch e Denz vengono inizialmente utilizzati fin quando la densità della nube non risulta comparabile con quella dell'aria, verificata tale condizione il sistema viene mappato in CNN per una successiva evoluzione di tipo gas neutro [L01, CI46, CI46bis].

B. Attività in gruppi di ricerca

L'Ing Patanè partecipa alle attività del Gruppo di Ricerca di Automatica del Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Messina su tematiche relative all'identificazione di processi industriali, alla realizzazione di soft sensors tramite reti neurali ricorrenti, analizzando anche temi legati alla trasferibilità. Il sottoscritto collabora inoltre con il Gruppo di Ricerca in Biorobotica del Dipartimento di Ingegneria Elettrica Elettronica e Informatica dell'Università di Catania, a partire dalla sua attività di dottorando di ricerca iniziata nel 2001.

L'Ing Patanè ha avuto responsabilità nell'ambito della progettazione di reti neurali cellulari e reti neurali bio-ispirate e della loro simulazione e implementazione circuitale con applicazioni alla locomozione e percezione in robot mobili. Il gruppo di ricerca nel corso degli anni si è avvalso di numerose collaborazioni internazionali tra cui: Il prof. Josef Ayers, Northeastern University (Boston); Il Dr. Joel Davis, Office of Naval Research (USA), tramite cui è stato finanziato al nostro laboratorio un grant di un anno per lo sviluppo di un robot esapode completamente analogico e controllato da modelli analogici di neuroni biologici; Il prof. Holk Cruse, Università di Bielefeld (Germania), coautore di alcune pubblicazioni, con cui si è aperta una collaborazione che dura dal 2003 all'interno di tre progetti europei consecutivi; Il prof. M.G. Velarde, Istituto Pluridisciplinar, Universidad Complutense de Madrid; La prof. B. Webb, University of Edinburg; Il Prof. L.O. Chua, University of Berkeley, California.

All'interno del gruppo di ricerca è stato coinvolto in diverse attività di scientifiche e di ricerca come di seguito riportato.

- Ha partecipato attivamente al progetto di ricerca MIUR ISR1 2000-2004 “**Sviluppo di metodologie innovative per la previsione, la mitigazione ed il controllo dei rischi derivanti da attività industriali chimiche e petrolifere**”. Altri partner: Università di Palermo, Università di Messina.
- Ha partecipato al progetto “Office of the Naval Research” 2003-2004 “**A CNN-based hybrid locomotion controller**”. Altri partner: il prof. M.G. Velarde, direttore dell'Istituto Pluridisciplinar, Universidad Complutense de Madrid, ed il prof. J. Ayers, direttore del Marine Science Lab, NorthEastern University, Boston.
- Fa parte dell'Unità Coordinatrice del progetto PRIN 03 “**Strategie Innovative Biologicamente Ispirate per il Controllo di Sistemi di Movimentazione**”. Altri partner: Università Roma1, Università Cattolica Roma, Università de L'Aquila, Politecnico di Bari.
- Ha fatto parte dell'Unità Coordinatrice del Progetto di Ricerca Europeo SPARK, finanziato all'interno del Sixth Framework Programme, Information Society Technologies, Cognitive Systems, STREP, 2004-2007 “**Spatial-temporal Patterns for Action-oriented perception in Roving robots**”. Altri partner: University of Bielefeld (Germany), Universidad Complutense de Madrid (Spain), University of Edinburgh (UK), Analogic Computers Ltd (Hungary), Innovaciones Microelectrónicas s.l. (Spain).
- Ha fatto parte dell'Unità Coordinatrice del Progetto di Ricerca Europeo SPARK II, finanziato all'interno del Seventh Framework Programme, Information Society Technologies, Cognitive Systems, STREP, 2008-2011 “**Spatial-temporal Patterns for Action-oriented perception in Roving robots II: an insect brain computational**

model". Altri partner: University of Mainz (Germany), Universidad Complutense de Madrid (Spain), Innovaciones Microelectrónicas s.l. (Spain).

- Ha fatto parte del gruppo di ricerca del Progetto di Ricerca Europeo EMICAB, finanziato all'interno del Seventh Framework Programme, Information Society Technologies, Cognitive Systems, STREP, 2010-2013 "**Embodied Motion Intelligence for Cognitive, Autonomous Robots**". Altri partner: University of Bielefeld (Germany), University of Mainz (Germany), University of Southern Denmark (Denmark). Web page: <http://emicab.eu>
- Da Febbraio 2006 è membro dell'European Network for the Advancement of Artificial Cognitive Systems (**euCognition Network**) Web page: <http://www.eucognition.org/>
- A Luglio 2020 È stato beneficiario del Fondo di finanziamento per le attività base di ricerca (FFABR) 2020 di Ateneo.
- Da Giugno 2020 è membro del gruppo di **referenti del progetto Formula SAE** Competition (Zangle e-Drive) all'interno del Dipartimento di Ingegneria dell'università degli studi di Messina per le tematica riguardanti lo sviluppo di modelli e di sistemi di controllo per la guida autonoma.
- Da Marzo 2021 è Co-Faculty advisor all'interno del Dipartimento di Ingegneria dell'università degli studi di Messina per la tematica di Guidance, Navigation and control all'interno del **progetto Nett-1** per la progettazione e realizzazione di un CubeSat.

C. Collaborazioni scientifiche con enti ed industrie

Si elencano le principali collaborazioni e le relative tematiche di ricerca comune.

- **University of Southern Denmark**, The Maersk Mc-Kinney Moller Institute (Prof. P. Manoonpong), sviluppo di sistemi di modelli neurali basati su reservoir computing applicati a problemi di locomozione su zampe.
- **NorthEastern University, Boston** (Prof. J. Ayers), modellistica e controllo della locomozione di robot autonomi ispirati a crostacei marini.
- **Università della California, Berkeley** (Prof. L. O. Chua), studio e realizzazione circuitale di sistemi dinamici non lineari
- **Università di Bielefeld, Germania** (Prof. H. Cruse), sistemi di controllo della locomozione reflex-driven ispirati all'insetto stecco.
- **Università di Mainz, Germania** (Prof. R. Strauss), modelli neurobiologici e computazionali del Central Complex e Mushroom Body nella Drosophila
- **Univeridad Complutense de Madrid** (Prof. M.G. Velarde), modelli matematici di sistemi neurobiologici.

- **Università di Edinburgh, UK** (Prof. B. Webb), spiking networks per la modellizzazione della phonotaxis e dell'optomotor reflex nel grillo.
- **Innovaciones Microelectrónicas s.l., Siviglia (ANAFOCUS)**, sviluppo di architetture per la realizzazione di sistema percettivi basati su microprocessori analogici.
- **Analogic Computers Ltd, Budapest (ANALOGIC)**, sviluppo di sistemi analogici/digitali per la percezione sensoriale.

D. Responsabilità scientifiche per progetti di ricerca

- **Responsabile scientifico** delle attività di ricerca e dimostrative relative al Work Package "System integration and prototype setup" nell'ambito del Progetto di Ricerca Europeo SPARK, finanziato all'interno del Sixth Framework Programme, Information Society Technologies, Cognitive Systems, STREP, 2004-2007 "Spatial-temporal Patterns for Action-oriented perception in Roving robots" dal 01-10-2004 al 26-10-2007.
- **Responsabile scientifico** delle attività di ricerca relative ai Work Packages "Model integration" e "System integration and prototype setup" nell'ambito del progetto Europeo SPARK II, finanziato all'interno del Seventh Framework Programme, Information Society Technologies, Cognitive Systems, STREP, 2008-2011 "Spatial-temporal Patterns for Action-oriented perception in Roving robots II : an insect brain computational model". dal 22-02-2008 al 28-03-2011.
- **Membro del Management Support Team (MST)**, co-responsabile del management tecnico e scientifico delle attività di ricerca relative al progetto Europeo EMICAB, finanziato all'interno del Seventh Framework Programme, Information Society Technologies, Cognitive Systems, STREP, 2010-2013 "Embodied Motion Intelligence for Cognitive, Autonomous Robots". dal 23-02-2011 al 09-09-2014.

5 - ATTIVITÀ DIDATTICA

A. Attività didattiche universitarie

- Per l'anno Accademico 2018-19 è titolare come professore a contratto dell'insegnamento di Teoria dei Sistemi (M-Z) presso il corso di Laurea in Ingegneria Informatica di competenza del Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Elettronica e Informatica, presso l'università degli studi di Catania.
- Per l'anno Accademico 2019-20, in qualità di RTDA presso il dipartimento di ingegneria dell'università degli studi di Messina è stato titolare dell'insegnamento Industrial Automation and Robotics (Modulo B) per la laurea magistrale in Engineering and computer science.
- Per l'anno Accademico 2020-21, in qualità di RTDA presso il dipartimento di ingegneria dell'università degli studi di Messina è stato titolare dell'insegnamento Industrial

Automation and Robotics (Modulo B) per la laurea magistrale in Engineering and computer science mutuata con Ingegneria elettronica per l'industria.

- Da Aprile a Maggio 2021 è stato invitato a tenere una serie di lezioni dal titolo "Biorobotics and control of intelligent bio inspired systems" presso la Nanjing University of Aeronautics and Astronautics (NUAA), China

B. Altre attività didattiche

- A Settembre del 2003 ha tenuto un Seminario a Roma per il Master in Emergenze dal titolo: "SoftComputing nel Rischio Industriale".
- A Giugno del 2004 ha tenuto un Seminario a Modica per il Master in Disaster Manager dal titolo: "Modellazione del rischio chimico e petrolchimico".
- A Luglio del 2004 ha tenuto un Seminario a Palermo per la scuola in Ingegneria delle Emergenze.
- A Febbraio del 2005 ha tenuto un Seminario a Roma per il Master in Ingegneria dell'emergenza
- A Settembre del 2005 ha tenuto un corso di formazione specialistico HW presso il Ministero di Giustizia di Catania (ufficio C.I.S.I.A) su sistemi di *Storage Area Network (SAN)*
- Ad Aprile del 2008 ha tenuto un corso di lezioni dal titolo "valutazione e ricomposizione del rischio d'area: modelli ed applicazioni", per il Master di II livello "Analisi Monitoraggio e mitigazione del rischio ambientale" svoltosi nell'Università degli studi di Catania.
- Da Settembre 2007 insegna presso scuole secondarie di secondo grado della provincia di Catania materie riguardanti la classe di concorso A040 Scienze e Tecnologie elettriche ed elettroniche.
- A Febbraio 2020, nell'ambito dei **Percorsi per le Competenze Trasversali e l'Orientamento (PCTO)**, ha svolto un progetto dal titolo "Ambienti di simulazione dinamica per la robotica" dedicato alle scuole secondarie di secondo grado del territorio (19-20 Febbraio 2020, per un totale di 8 ore)

C. Assistenza agli studenti e tesi di laurea

Per i corsi di Sistemi Adattativi, Elementi di Bioingegneria Elettronica, Biorobotica, Industrial automation and Robotics, Luca Patanè ha curato elaborati e tesine degli studenti nei seguenti ambiti:

1. Progetto e realizzazione di robot autonomi dotati di sistemi di controllo per la locomozione basati su reti neurali cellulari secondo criteri biologicamente ispirati.
2. Modellizzazione delle architetture base di sistemi percettivi/cognitivi tramite sistemi dinamici non lineari.
3. Modellizzazione di sistemi per la predizione delle condizioni meteo-climatiche tramite reti neurali artificiali e risoluzione di equazioni differenziali alle derivate parziali, che modellizzano fenomeni di diffusione e trasporto di gas in aria, tramite CNN.
4. Sviluppo di algoritmi di ottimizzazione basati su principi di ispirazione biologica.
5. Progettazione di reti basate su neuroni biologici (Integrate and Fire) per problemi di navigazione tramite algoritmi di apprendimento di tipo STDP.

6. Sviluppo di sistemi di controllo per la locomozione di legged robots basati su microcontrollori.
7. Modellizzazione di Soft sensors attraverso reti ricorrenti e reservoir computing

Luca Patanè, a partire dall' A.A. 2001-02, è stato correlatore di numerose tesi di inerenti tematiche proprie delle linee di ricerca presentate.

6 - ATTIVITÀ DI FORMAZIONE ALL'ESTERO

Nel periodo tra Novembre e Dicembre del 2002 ha svolto attività di ricerca presso la **Northeastern University di Boston** nei laboratori del Marine Center in collaborazione con il Prof Joseph Ayers. In tale periodo sono state approfondite le tematiche di controllo della locomozione basato su strutture gerarchiche, biologicamente ispirate, quali il CPG. È stato inoltre formalizzato un sistema di controllo basato su CNN per la generazione di pattern di locomozione per un robot a otto zampe ispirato ai crostacei marini quali il granchio e l'aragosta.

7- CONOSCENZE LINGUISTICHE, INFORMATICHE E DI LABORATORIO

Lingua straniera: Ottima conoscenza dell'inglese scritto e parlato.

Sistemi Operativi: Windows, UNIX, Linux.

Linguaggi di programmazione: C, C++, Pascal, Java, conoscenze DBMS relazionali.

Software: Office, HTML, Matlab e Simulink, 3DStudio, Solid Works, Visual Nastran 4D, Dynamechs, VHDL, CoppeliaSim.

Microcontrollori: Microcontrollori Microchip ST e Arduino; ambienti di programmazione MPLAB, VisualFive; linguaggi di programmazione Assembler e C.

Esperienze di Laboratorio: Robotica industriale, Elettronica applicata e digitale, Circuiti non lineari, Reti Neurali e CNN, applicazioni su PLC.

8 - PARTECIPAZIONI A CONFERENZE NAZIONALI ED INTERNAZIONALI

L'Ing Patanè ha partecipato a numerose conferenze internazionali in cui ha presentato i lavori di ricerca svolti.

- IEEE International Symposium on Industrial Electronics (**ISIE 2002**), L'Aquila, Italy. Presentazione poster dal titolo: "Hexapod locomotion control through a CNN based decentralized system" dal 08-07-2002 al 11-07-2002
- 7th IEEE International Workshop on Cellular Neural Networks and their Applications (**CNNA2002**), Frankfurt, Germany. Presentazione orale dal titolo: "CNN based central pattern generators with sensory feedback" dal 22-07-2002 al 24-07-2002
- Componente del Comitato organizzatore locale della 6th International Conference on Climbing and Walking Robots (**CLAWAR 2003**), Catania, Italy dal 17-09-2003 al 19-09-2003
- 6th International Conference on Climbing and Walking Robots (**CLAWAR 2003**), 17-19 September 2003, Catania, Italy. Presentazione orale dal titolo: "A CNN Approach for Controlling a Roving Robot" dal 17-09-2003 al 19-09-2003
- IEEE International Symposium on Circuit and Systems (**ISCAS 2004**), Vancouver, Canada. Presentazione poster dal titolo: "Chaotic sequences in ACO algorithms" dal 23-05-2004 al 26-05-2004
- **Cognitive Systems Kickoff**, Bled, Slovenia. Presentazione poster dal titolo: "Spatial Temporal Patterns for Action Oriented Perception in Roving Robots" dal 28-10-2004 al 30-10-2004
- 1st Italian Convention on Safety & Environment in Process Industry (**CISAP-1**), 28-30 November 2004, Palermo, Italy. Presentazione orale dal titolo: "Soft Computing methodologies and techniques for risk assessment" dal 28-11-2004 al 30-11-2004
- Int. Symposium on Microtechnologies for the new Millennium (**SPIE 2005**) on Bioengineered and Bioinspired Systems, 9-11 May, Seville, Spain. Presentazione orale dal titolo: "A bio-inspired auditory perception model for amplitude frequency clustering" [5839-42] **KEYNOTE PAPER** dal 09-05-2005 al 11-05-2005
- 10th International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (**ETFA 2005**), Catania, Italy. Presentazione orale dal titolo: "A new simulation tool for action-oriented perception systems" dal 19-09-2005 al 22-09-2005
- International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (**NOLTA 2005**), Belgium. Presentazione orale dal titolo: "Learning efference in CNNs for perception-based navigation control" dal 18-10-2005 al 21-10-2005
- 44th IEEE Conference on Decision and Control (**CDC 2005**), and the European Control Conference 2005 Seville, Spain. Presentazione orale dal titolo: "A cricket-inspired neural network for feedforward compensation and multisensory integration" dal 12-12-2005 al 15-12-2005
- Inaugural **EUcognition meeting** (euCognition) Nice, France. Presentazione poster dal titolo: "SPARK Spatial-temporal Patterns for Action-oriented perception in Roving robots" dal 16-02-2006 al 17-02-2006

- The first IEEE/RAS-EMBS International conference on Biomedical Robotics and Biomechanics (**Biorob 2006**), Pisa, Italy. Presentazione orale dal titolo: "Weak Chaos Control for Action-Oriented Perception: Real Time Implementation via FPGA" dal 20-02-2006 al 22-02-2006
 - **CogSys II**, Nijmegen, Olanda. Presentazione orale dal titolo: "Spatial Temporal Patterns for Action Oriented Perception in Roving Robots" dal 11-04-2006 al 12-04-2006
 - IEEE International Symposium on Circuits and Systems (**ISCAS 2006**), Island of Kos, Greece. Presentazione orale dal titolo: "Towards autonomous adaptive behavior in a bio-inspired CNN-controlled robot" dal 21-05-2006 al 24-05-2006
 - 10th IEEE International Conference on Cellular Neural Networks and their Applications (**CNNA2006**), Istanbul, Turkey. Presentazione orale dal titolo: "An autonomous mini-hexapod robot controlled through a CNN-based CPG VLSI chip" dal 28-08-2006 al 30-08-2006
 - 8th International IFAC Symposium on Robot Control (**SYROCO 2006**), Bologna (Italy). Presentazione orale dal titolo: "Learning high-level sensors from reflexes via spiking networks in roving robots" dal 06-09-2006 al 08-09-2006
 - **Workshop on Bio-inspired Cooperative and Adaptive Behaviours in Robots**, Roma (Italy). Presentazione orale dal titolo: "A cockroach-inspired hexapod robot: performance enhancement through dynamic simulation" dal 01-10-2006 al 01-10-2006
 - **IST Exhibition 2006** , Helsinki (Finland). Live Demo dal titolo: "Spatial Temporal Patterns for Action Oriented Perception in Roving Robots" dal 21-11-2006 al 23-11-2006
 - **SPIE 2007**, International Conference on Microthecnology for the New Millennium on Bioengineered and Bioinspired Systems, Grand Canaria (Spain). Presentazione orale dal titolo: "STDP with adaptive synaptic delay for robot navigation control" dal 02-05-2007 al 04-05-2007
 - **SPIE 2007**, International Conference on Microthecnology for the New Millennium on Bioengineered and Bioinspired Systems, Grand Canaria (Spain). INVITED Paper dal titolo: "Adaptive bio-inspired landmark identification for navigation control" dal 02-05-2007 al 04-05-2007
 - Componente del Comitato di programma della conferenza internazionale **SPIE 2007**, International Conference on Microthecnology for the New Millennium on Bioengineered and Bioinspired Systems, Grand Canaria (Spain). dal 02-05-2007 al 04-05-2007
 - **Summer School** on NON-LINEAR DYNAMICS AND ROBOTS: FROM NEURONS TO COGNITION, Madrid (Spain). Presentazione orale in qualità di docente del corso dal titolo: "Rovers and legged robots: architectures and bio-inspired control algorithms". Membro del gruppo organizzatore in qualità di referente per il Progetto SPARK e per la Network EUCognition (link <https://www.ucm.es/ip-1/summer-school-el-escorial-2008>) dal 04-08-2008 al 08-08-2008
 - **SPIE 2009**, International Conference on Microthecnology for the New Millennium, Dresda (Germany). Presentazione orale dal titolo: "STDP-based behaviour learning on the Tribot robot" dal 04-05-2009 al 06-05-2009
- IJCNN 2010**, International Conference on Neural Networks, Barcelona (Spain). Presentazione orale dal titolo: "Insect inspired unsupervised learning for tactic and phobic behavior enhancement in a hybrid robot" dal 18-07-2010 al 23-07-2010

- **SPIE 2011**, International Conference on Microthecnology for the New Millennium, Praga. Presentazione orale dal titolo: "An insect brain inspired neural model for object representation and expectation" dal 18-04-2011 al 21-04-2011
- **WIRN 2011**, 21th Italian Workshop on Neural Networks, Vietri sul Mare, Salerno, Italy. Presentazione orale dal titolo:"Decision making processes in the fruit fly: a computational model" dal 03-06-2011 al 05-06-2011
- **ICIRA 2011**, 4th International Conference on Intelligent Robotics and Applications, Aachen, Germany. Presentazione orale dal titolo:"Software/Hardware issues in modelling insect brain architecture" dal 06-12-2011 al 08-12-2011
- Componente del Comitato organizzativo del Workshop on Unconventional Approaches to Robotics, Automation and Control (**UARACIN**), at International Conference on Robotics and Automation (ICRA) 2013, Karlsruhe, Germany dal 10-05-2013 al 10-05-2013
- **IJCNN 2013**, International Conference on Neural Networks, Dallas (USA), 04-09 August 2013. Presentazione orale dal titolo:"A spiking network for spatial memory formation: towards a fly-inspired Ellipsoid Body model" dal 04-08-2013 al 09-08-2013
- Componente del Comitato organizzativo della conferenza internazionale **ECAL 2013** 12th European Conference on Artificial Life Taormina, Italy dal 02-09-2013 al 06-09-2013
- Living Machine, **Workshop/Conference on Biomimetic & Biohybrid Systems**, 29-1 Agosto 2014. Presentazione poster dal titolo:"Motor learning and body size within an insect brain computational model" dal 29-07-2014 al 01-08-2014
- **Biologically-inspired Robotics Workshop**, Odense (Danmark). Presentazione orale dal titolo:"MB-inspired model for sequence learning" dal 27-05-2015 al 30-05-2015
- **IJCNN 2015**, International Joint Conference on Neural Networks. Presentazione orale dal titolo:"A Mushroom Bodies inspired spiking network for classification and sequence learning"; presentazione poster dal titolo:"Fly--inspired sensory feedback in a reaction -diffusion neural system for locomotion control in a hexapod robot" dal 13-07-2015 al 17-07-2015
- Componente del Comitato di programma della conferenza internazionale **ECCTD 2017** European Conference on Circuit Theory and Design Catania dal 04-09-2017 al 06-09-2017
- **Etnarobot 2017**: Workshop sulla Robotica nella Etna Valley e dintorni. Presentazione orale sotto invito dal titolo: "Comportamenti proto-cognitivi in robot bio-ispirati" dal 21-11-2017 al 21-11-2017
- Componente del Comitato organizzatore locale della conferenza internazionale **NDES 2018** Nonlinear Dynamics of Electronic Systems Acireale, June, 11-13 2018 dal 21-09-2017.
- Convegno Nazionale **Automatica 2019** Presentazione orale dal titolo:" PWL-shaped oscillators for adaptive locomotion control in Biorobotics" Ancona, 11 – 13 Settembre 2019
- **Machine Learning Day 2** - Il machine learning nel mondo della robotica e dell'automazione, Presentazione orale dal titolo: " Algoritmi di Learning per la Diagnostica e la BioRobotica", Catania (Italy), 13-12-2019
- A Settembre 2020 ha partecipato al convegno **Automatica.IT 2020** tenutosi in modalità telematica presentando un contributo dal titolo: "Role of static and dynamic coupling in chaos synchronization".

- A dicembre 2020 ha partecipato alla Conferenza **I-RIM 3D 2020** (10-13 Dicembre), Virtual edition presentando un lavoro dal titolo: Neural controllers for adaptive locomotion in Biorobotics: from models to circuits.

9 - ESPERIENZE PROFESSIONALI CARATTERIZZATE DA ATTIVITA' DI RICERCA

- **Componente dell'Unità di Ricerca** dell'Università degli Studi di Catania, svolgendo attività di ricerca sul tema: “Soft-Computing per il controllo del rischio d’area”, in collaborazione coi partner del progetto del Ministero dell’Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica ISR1 2000-2004 “Sviluppo di metodologie innovative per la previsione, la mitigazione ed il controllo dei rischi derivanti da attività industriali chimiche e petrolifere”, nell’ambito dei piani di potenziamento della rete scientifica e tecnologica nelle aree depresse.
L’attività è stata diffusa sul territorio nazionale tramite la pubblicazione di un libro:
P. Arena, F. Italia, L. Patanè, “SoftComputing per previsione e controllo di Rischio d’Area” Cavallotto Edizioni, 2003 dal 01-03-2002 al 01-03-2003
- **Contratto di collaborazione** con L’Università degli studi di Catania in qualità di progettista software/hardware nell’ambito del progetto di ricerca europeo FP4-ESPRIT 4 DICTAM “Dynamic image coding using tera-speed analogic visual microprocessors” contratto N. IST – 1999-19007 dal 10-03-2002 al 01-07-2002
- Partecipazione alle attività previste dai **Contratti di Collaborazione** di Ricerca stipulati fra l’Università degli Studi di Catania e la Edinform S.p.A nell’ambito di una convenzione sulla “Formazione di un ricercatore nel settore elettronico circuitale digitale con specializzazione in embedded software programming”. dal 03-01-2005 al 04-04-2005
- **Contratto di collaborazione** con L’Università degli studi di Catania in qualità di progettista software/hardware per la realizzazione di un prototipo di robot esapode dotato di un sistema bio- ispirato per il controllo della locomozione nell’ambito del progetto di ricerca MIUR PRIN dal titolo:” Strategie Innovative Bio-Ispirate Per Il Controllo Di Sistemi Di Movimentazione” dal 10-01-2005 al 31-03-2005
- **Collaborazione per lo svolgimento di attività di ricerca** con la PMI Analogic Computers Ltd, Budapest (ANALOGIC), per “lo sviluppo di sistemi analogici/digitali per la percezione sensoriale”, nell’ambito delle attività di diffusione e trasferimento tecnologico del progetto Europeo SPARK STREP, 2004-2007 dal 10-01-2007 al 26-10-2007
- **Componente del Comitato Tecnico Scientifico** del Progetto Solaria: ”Valorizzazione e diffusione delle tecnologie di conversione dell’energia solare” POR Sicilia 2000-2006 Asse III Misura 3.02 Progetto n° 1999.IT.16.1.PO.011/3.02/7.2.4/620 dal 23-02-2007 al 18-10-2007
- **Docente a tempo indeterminato per la classe di concorso A040** Scienze e tecnologie Elettriche ed Elettroniche presso scuola secondaria di secondo grado dal 01-09-2007 a oggi
- **Incarico di docenza** nell’ambito del progetto “I.N.F.O.A. – Informazione, formazione e apprendistato” – codice POR: 1999.IT.16.1.PO.011.4.0.5.7.4.5.0010, affidato al C.I.A.P.I.

(Centro Interaziendale Addestramento Professionale Integrato) di Palermo, per un totale di 40 ore dal 01-11-2007 al 20-12-2007

- **Incarico di docente esperto** nell'ambito dei corsi professionalizzanti post qualifica, sulla tematica: "Sistemi di controllo per la modulazione ed effetti biologici delle onde elettromagnetiche", durata 80 ore, tenutosi presso ISIS Politecnico del Mare "Duca degli Abruzzi", Catania. dal 01-01-2008 al 01-06-2008
- **Componente dell'Unità di Ricerca** dell'Università degli Studi di Catania svolgendo attività di ricerca sul tema della modellistica dei processi di diffusione di inquinanti applicata in ambito professionale e realizzazione di un robot per analisi ambientali in presenza di elevate temperature, in collaborazione coi partner industriali del progetto di Ricerca MISURA P.O.R. Sicilia 2000-2006 ASSE III Misura 3.14, Sottoazione B "Promozione e sostegno al sistema regionale per la ricerca e l'innovazione". Progetto n° 1999.IT.16.1.PO.011/3.14/5.2.13/0079 titolo: "ISEMIHA, Integrated System for the Emergency's Management in Industrial and in Harbour Areas". Altri partner: Euroconsult, Sirio, Gesind e Comunicando dal 10-01-2008 al 30-06-2008
- **Incarico di docente esperto** nell'ambito del progetto P.O.N. C-1-FSE-2007-2132, sulla tematica: "Domotica", tenutosi presso l'Istituto di Istruzione Superiore Statale Carlo Gemmellaro, Catania. dal 01-05-2008 al 31-05-2008
- **Collaborazione per lo svolgimento di attività di ricerca** con la PMI Innovaciones Microelectrónicas s.l., Siviglia (ANAFOCUS) per "lo sviluppo di architetture per la realizzazione di sistema percettivi basati su microprocessori analogici", nell'ambito delle attività di diffusione e trasferimento tecnologico del progetto Europeo SPARKII STREP, 2008-2011 dal 01-05-2010 al 28-03-2011
- **Contratto di collaborazione** con L'Università degli studi di Catania in qualità di esperto su tematiche di "Embodied motion intelligence and autonomous robots" nell'ambito del progetto Europeo EMICAB, STREP, 2010-2013. dal 15-05-2012 al 31-12-2016
- **Contratto di collaborazione** con L'Università degli studi di Catania in qualità di esperto su tematiche di "Metodologie e sistemi bioispirati per la locomozione e la percezione" dal 03-10-2017 al 02/08/2018.
- **Contratto di collaborazione** con L'Università degli studi di Catania in qualità di esperto su tematiche di "Modellistica e controllo di sistemi robotici bioispirati" dal 21-12-2018 a 16-11-2019.

10 – PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE

Il Dott. Luca Patanè svolge attività di peer reviewing per le seguenti riviste scientifiche internazionali: IEEE Trans. On Circuits and Systems, International Journal of Circuits Theory and Applications, Soft Computing and Automation Journal, Bioinspiration & Biomimetics. Inoltre, fa parte dell'Editorial Board della rivista Frontiers in Neurobotics in qualità di Review Editor dal 13-04-2017 a oggi.

Da Settembre 2020 è Guest editor per la rivista Sensors, MDPI dello Special Issue "Sensors, Motor Coordination, and High-level Cognition in Bio-inspired Robotics" e per la rivista Applied Sciences MDPI dello Special Issue "Recent Development and Challenges of Soft sensors design".

Indicatori bibliometrici al 12 Aprile 2021:

INDICATORE	SCOPUS
Numero di pubblicazioni	135
Numero di citazioni	766
H-index	15

Elenco PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE

Pubblicazioni su Riviste Internazionali

[RI36] P. Arena, Luca Patanè, Salvatore Taffara, Learning risk-mediated traversability maps in unstructured terrains navigation through robot-oriented models, To be published on Information science, Elsevier.

[RI35] Fazzino, S., Caponetto, R. & Patanè, L. A new model of Hopfield network with fractional-order neurons for parameter estimation. *Nonlinear Dyn* (2021). <https://doi.org/10.1007/s11071-021-06398-z>

[RI34] Luca Patanè, Maria Gabriella Xibilia, Echo-state networks for soft sensor design in an SRU process, *Information Sciences*, Volume 566, 2021, Pages 195-214, ISSN 0020-0255, <https://doi.org/10.1016/j.ins.2021.03.013>.

[RI33] Curreri, F.; Patanè, L.; Xibilia, M.G. RNN- and LSTM-Based Soft Sensors Transferability for an Industrial Process. *Sensors* 2021, 21, 823. <https://doi.org/10.3390/s21030823>

[RI32] Arena, P.; Patanè, L.; Taffara, S. Energy Efficiency of a Quadruped Robot with Neuro-Inspired Control in Complex Environments. *Energies* 2021, 14, 433. <https://doi.org/10.3390/en14020433>

[RI31] Raffaele Ferri, Claudio Babiloni, Vania Karami, Antonio Ivano Triggiani, Filippo Carducci, Giuseppe Noce, Roberta Lizio, Maria T. Pascarelli, Andrea Soricelli, Francesco Amenta, Alessandro Bozzao, Andrea Romano, Franco Giubilei, Claudio Del Percio, Fabrizio Stocchi, Giovanni B. Frisoni, Flavio Nobili, Luca Patanè, Paolo Arena, Stacked autoencoders as new models for an accurate Alzheimer's disease classification support using resting-state EEG and MRI measurements, *Clinical Neurophysiology*, 2020, ISSN 1388-2457, pp. 1-14 <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2020.09.015>.

[RI30] Paolo Arena, Luca Patanè, Angelo Giuseppe Spinosa, Robust modelling of binary decisions in Laplacian Eigenmaps-based Echo State Networks, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Volume 95, 2020, 103828, ISSN 0952-1976, <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.103828>.

[RI29] Arena, Paolo, Buscarino, Arturo, Fortuna, Luigi and Patanè, Luca; Lyapunov approach to synchronization of chaotic systems with vanishing nonlinear perturbations: From static to dynamic couplings, *Phys. Rev. E* 102(1) 012211 1-11 (2020) doi: 10.1103/PhysRevE.102.012211.

[RI28] Arturo Buscarino, Carlo Famoso, Luigi Fortuna, Mattia Frasca and Luca Patanè; Thermal Dynamics for Characterizing Nonlinear Circuit Behavior, *International Journal of Bifurcation and Chaos* Vol. 30, No. 05, 2030010 (2020) <https://doi.org/10.1142/S0218127420300104>.

[RI27] Buscarino, A., Fortuna, L., Patanè, L., Master-slave synchronization of hyperchaotic systems through a linear dynamic coupling (2019) *Physical Review E*, 100 (3), art. no. 032215, pp1-9 DOI: 10.1103/PhysRevE.100.032215

[RI26] Dürr, V., Arena, P.P., Cruse, H., Dallmann, C.J., Drimus, A., Hoinville, T., Krause, T., Mátéfi-Tempfli, S., Paskarbit, J., Patanè, L., Schäffersmann, M., Schilling, M., Schmitz, J., Strauss, R., Theunissen, L., Vitanza, A., Schneider, A. Integrative biomimetics of autonomous hexapedal locomotion, (2019) *Frontiers in Neurorobotics*, 13, art. no. 88, pp 1-32, DOI: 10.3389/fnbot.2019.00088

[RI25] Arena, P., Patané, L., Spinosa, A.G. A nullcline-based control strategy for PWL-shaped oscillators (2019) *Nonlinear Dynamics*, 97 (2), pp. 1011-1033. DOI: 10.1007/s11071-019-05028-z

[RI24] Patanè, L. (2019) Bio-Inspired Robotic Solutions for Landslide Monitoring. In: *Energies*. 12(7), 1256 DOI: <https://doi.org/10.3390/en12071256>.

[RI23] Arena, Paolo, Patanè, Luca, Spinosa, Angelo Giuseppe (2019). Data-based analysis of Laplacian Eigenmaps for manifold reduction in supervised Liquid State classifiers. *INFORMATION SCIENCES*, vol. 478, p. 28-39, ISSN: 0020-0255, doi: 10.1016/j.ins.2018.11.017

[RI22] Arena, Paolo, Calí, Marco, Patané, Luca, Portera, Agnese, Spinosa, Angelo G. (2019). A CNN-based neuromorphic model for classification and decision control. *NONLINEAR DYNAMICS*, vol. 95, p. 1999-2017, ISSN: 0924-090X, doi: 10.1007/s11071-018-4673-4

[RI21] Eleonora Arena, Paolo Arena, Luca Patanè and Ronald Strauss, *Motor-skill learning in an insect inspired neuro-computational control system*, *Frontiers in Neurorobotics*, Research Topics on Neural Computation in Embodied Closed-Loop Systems for the Generation of Complex Behavior: From Biology to Technology, invited paper, vol. 11, 12, ISSN: 1662-5218, doi: 10.3389/fnbot.2017.00012 2017.

[RI20] Paolo Arena; Marco Calí; Luca Patanè; Agnese Portera; Roland Strauss, "A fly-inspired Mushroom Bodies model for sensory-motor control through sequence and subsequence learning." *Int. J. Neur. Syst.* 26(6) pp 1650035-1--1650035-18 DOI: 10.1142/S0129065716500350, 2016.

[RI19] Alessandra Vitanza, Luca Patanè and Paolo Arena. Emergence of Diversity in a Group of Identical Bio-robots. *Int J Adv Robot Syst*, 2015, 12:148. doi: 10.5772/60545

[RI18] A. Vitanza, L. Patané, P. Arena: "Spiking neural controllers in multi-agent competitive systems for adaptive targeted motor learning", *Journal of the Franklin Institute*, Special Issue on

Advances in Nonlinear Dynamics and Control, Volume 352, Issue 8, August 2015, Pages 3122–3143, 10.1016/j.jfranklin.2015.04.014

[RI17] Paolo Arena; Marco Calì; Luca Patanè; Agnese Portera; Roland Strauss, “Modeling the insect mushroom bodies: Application to sequence learning.” *Neural Networks* 67 (2015) 37–53, 10.1016/j.neunet.2015.03.006

[RI16] Paolo Arena.; Luca Patanè; Vincenzo Stornanti; Pietro Savio Termini; Bianca Zaepf; Roland Strauss, “Modeling the insect mushroom bodies: Application to a delayed match-to-sample task.” *Neural Networks* 41 pp 202-211 2013. pii: S0893-6080(12)00312-7. doi: 10.1016/j.neunet.2012.11.013

[RI15] Luca Patanè, Sven Hellbach, André F. Krause, Paolo Arena, Volker Dürr, An insect-inspired bionic sensor for tactile localisation and material classification with state-dependent modulation, *Frontiers in Neurorobotics* vol 6 Art 8 pp.1-18, 2012 DOI 10.3389/fnbot.2012.00008, ISSN 1662-5218

[RI14] Paolo Arena, Luca Patanè, Pietro Savio Termini, “Learning expectation in insects: a recurrent spiking neural model for spatio-temporal representation” *Neural Networks* 32 (2012) 35–45, 10.1016/j.neunet.2012.02.034

[RI13] Paolo Arena, Sebastiano De Fiore, Luca Patané, “Cellular Nonlinear Networks for the emergence of perceptual states: Application to robot navigation control”, *Neural Networks* 22(5-6), pp 801-811, ISSN 08936080, special issue: Advance in Neural Networks research, July 2009, 10.1016/j.neunet.2009.06.024

[RI12] Arena, P.; Patanè, L.,” Simple sensors provide inputs for cognitive robots” *Instrumentation & Measurement Magazine, IEEE* Volume 12, Issue 3, June 2009 Page(s):13 - 20 DOI 10.1109/MIM.2009.5054548

[RI11] P. Arena, L. Fortuna, D. Lombardo, L. Patanè, M. Velarde, “The WinnerLess Competition paradigm in Cellular Nonlinear Networks: Models and Applications, *Int. J. Circ. Theor. Appl.* 2009; **37**:505–528, Published online 18 November 2008 in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com). DOI: 10.1002/cta.567

[RI10] P. Arena, L. Fortuna, M. Frasca, L. Patanè, “Learning anticipation via spiking networks: application to navigation control”, *IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL NETWORKS*, VOL. 20, NO. 2, pp. 202-216, February 2009, DOI: 10.1109/TNN.2008.2005134.

[RI09] Paolo Arena, S. De Fiore, L. Fortuna, L. Patanè, “Perception-action map learning in controlled multiscroll system applied to robot navigation”, *Chaos* 18, 043119 pp1-16, 2008, DOI: 10.1063/1.3005783

[RI08] P. Arena, S. De Fiore, L. Fortuna, M. Frasca, L Patanè, G. Vagliasindi, “Reactive navigation through multiscroll systems: from theory to real-time implementation”, *Autonomous Robots*, vol. 25(1-2), pp.123-146, ISSN 0929-5593, 2008, DOI: 10.1007/s10514-007-9068-1

- [RI07] P. Arena, L. Fortuna, D. Lombardo, L. Patanè, “Perception for action: Dynamic spatiotemporal patterns applied on a roving robot”, *Adaptive Behavior*, vol. 16 (2/3) pp. 104-121, 2008, DOI: 10.1177/1059712308089181
- [RI06] P. Arena, P. Crucitti, L. Fortuna, M. Frasca, D. Lombardo, L. Patanè, “Turing Patterns in RD-CNNs for the emergence of perceptual states in roving robots”, *International Journal of Bifurcation and Chaos*, Vol. 17, No.1, pp. 107-127, 2007, DOI: 10.1142/S0218127407017203.
- [RI05] M. Pavone, P. Arena, L. Patanè, “ An innovative mechanical and control architecture for a biometric hexapod for planetary exploration”, *Space technology* Vol. 25, Nos 3-4, pp.1-12,2006, ID scopus 2-s2.0-33750046624
- [RI04] M. Pavone, P. Arena, L. Fortuna, M. Frasca, L. Patané, "Climbing Obstacle in Bio-robots via CNN and Adaptive Attitude Control", *International Journal of Circuit Theory and Applications* Volume 34, Issue 1, 2006. Pages 109-125.
- [RI03] P.Arena, L.Fortuna, M.Frasca and L.Patanè, “VLSI implementation of control schemes based on dynamical central pattern generators” *Functional Differential Equations*, vol.13 No. 1 pp 5-21, 2006.
- [RI02] P. Arena, L. Fortuna, M. Frasca, L. Patané, “A CNN-based chip for robot locomotion control”, *Circuits and Systems I: Regular Papers*, *IEEE Transactions on* Volume 52, Issue 9, Sept. 2005 Page(s):1862 – 1871 DOI: 10.1109/TCSI.2005.852211
- [RI01] Arena, P.; Fortuna, L.; Frasca, M.; Patanè, L.; “Sensory feedback in CNN-based CPG”, *International Journal of Neural Systems*, Vol. 13 No. 6 December 2003, pp.469-478, DOI: 10.1142/S0129065703001698.

Pubblicazioni su Congressi Internazionali

[CI83] P. Arena, Carmelo Fabrizio Blanco, Alessia Li Noce, Salvatore Taffara, Luca Patané Learning traversability map of different robotic platforms for unstructured terrains path planning, The International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), Glasgow (UK), Virtual edition, 19-24 July 2020, pp1-8, DOI:10.1109/IJCNN48605.2020.9207423.

[CI82] P. Arena, L. Patané and A. G. Spinosa, "Structural and input reduction in a ESN for robotic navigation tasks," 2019 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC), Bari, Italy, 2019, pp. 3531-3536. doi: 10.1109/SMC.2019.8914234

[CI81] P. Arena, L. Patané and R. Strauss, "Exploiting Imperfections in Perception-Action Learning," 2019 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC), Bari, Italy, 2019, pp. 1454-1458. doi: 10.1109/SMC.2019.8914500

[CI80] Role of feedback and local coupling in CNNs for locomotion control of a quadruped robot Conference: CNNA 2018 - The 16th International Workshop on Cellular Nanoscale Networks and their Applications, pp 1-4 08/28/2018 - 08/30/2018 at Budapest, Hungary <https://www.vde-verlag.de/proceedings-en/564766031.html>

[CI79] Arena, Paolo, Patané, Luca, Sanalidro, Dario, Vitanza, Alessandra (2018). Insect-Inspired Body Size Learning Model on a Humanoid Robot. In: Proceedings of the IEEE RAS and EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics. PROCEEDINGS OF THE IEEE/RAS-EMBS INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOMEDICAL ROBOTICS AND BIOMECHATRONICS, vol. 2018-, p. 1127-1132, IEEE Computer Society, ISBN: 9781538681831, ISSN: 2155-1774, doi: 10.1109/BIOROB.2018.8487635

[CI78] Arena, Paolo, Patane, Luca, Turco, Enrico (2017). Minimal decentralized control in a Drosophila-inspired walking robot. In: 2017 European Conference on Circuit Theory and Design, ECCTD 2017. p. 1-4, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., ISBN: 9781538639740, ita, 2017, doi: 10.1109/ECCTD.2017.8093282

[CI77] Arena, Paolo, Patane, Luca, Spinosa, Angelo (2017). Insect inspired spatial-temporal cellular processing for feature-action learning. In: 2017 European Conference on Circuit Theory and Design, ECCTD 2017. p. 1-4, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., ISBN: 9781538639740, ita, 2017, doi: 10.1109/ECCTD.2017.8093284

[CI76] Paolo Arena, Paolo Furia, Luca Patane' and Massimo Pollino, "Fly-inspired sensory feedback in a reaction diffusion neural system for locomotion control in a hexapod robot", IJCNN 2015, Killarney, Ireland, 13-16 July 2015 ISBN: 978-1-4799-1959-8, ISSN: 2161-4393, Killarney, Ireland, doi: 10.1109/IJCNN.2015.7280544.

[CI75] Paolo Arena, Marco Cali', Luca Patane', Agnese Portera and Roland Strauss, "A Mushroom Bodies inspired spiking network for classification and sequence learning" ", IJCNN 2015, Killarney, Ireland, 13-16 July 2015, 7280472, ISBN: 978-1-4799-1959-8, ISSN: 2161-4393, JUL 12-17, 2015, doi: 10.1109/IJCNN.2015.7280472.

[CI74] Paolo Arena, Luca Patané, Alessandra Vitanza Environmentally induced task partitioning in competing bio-robots, Proceedings of the Conference-Workshop Bio-inspired Robotics- Frascati - 14-15 May 2014 Edited by: Claudio Moriconi and Ramiro dell'Erba Publisher: ENEA ISBN: 978-88-8286-309-8, pp108-115

[CI73] Paolo Arena, Luca Patané and Roland Strauss, "The Insect Mushroom Bodies: a Paradigm of Neural Reuse" Proceedings of the twelfth European Conference on the Synthesis and Simulation of Living Systems (ECAL 2013), MIT Press, ISBN 978-0-262-31709-2, pp 765-772, 2013

[CI72] Paolo Arena, Giuseppe Di Mauro, Tammo Krause, Luca Patané and Roland Strauss, "A spiking network for body size learning inspired by the fruit fly" Proceedings of International Joint Conference on Neural Networks Dallas, TX, pp. 1251-1257, August 4-9, 2013, 10.1109/IJCNN.2013.6706883

[CI71] Paolo Arena, Salvatore Maceo and Luca Patané and Roland Strauss, "A spiking network for spatial memory formation: towards a fly-inspired Ellipsoid Body model" Proceedings of International Joint Conference on Neural Networks Dallas, TX, pp. 1245-1250, August 4-9, 2013, 10.1109/IJCNN.2013.6706882

[CI70] Paolo Arena, Sergio Caccamo, Luca Patané and Roland Strauss, "A computational model for motor learning in insects" Proceedings of International Joint Conference on Neural Networks Dallas, TX, pp. 1349-1356, August 4-9 2013, 10.1109/IJCNN.2013.6706897

[CI69] Arena, E.; Arena, P.; Patane, L.; "CPG-based locomotion generation in a Drosophila inspired legged robot," Biomedical Robotics and Biomechanics (BioRob), 2012 4th IEEE RAS & EMBS International Conference on, vol., no., pp.1341-1346, 24-27 June 2012 doi: 10.1109/BioRob.2012.6290809, ISBN: 978-1-4577-1200-5

[CI68] Paolo Arena, Luca Patané and Pietro Savio Termini, "Modeling attentional loop in the insect Mushroom Bodies" International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN 2012), Brisbane, Australia, July 31 - June 10-15, 2012, 10.1109/IJCNN.2012.6252833

[CI67] Paolo Arena and Luca Patané, "A spiking network for object and ego-motion detection in roving robots" International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN 2012), Brisbane, Australia, July 31 - June 10-15, 2012 ISBN: 978-1-4673-1490-9, DOI: 10.1109/IJCNN.2012.6252710

[CI66] Paolo Arena, Luca Patané and Alessandra Vitanza, "Autonomous Learning of collaboration among robots" International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN 2012), Brisbane, Australia, July 31 - June 10-15, 2012, DOI: 10.1109/IJCNN.2012.6252664

[CI65] P. Arena, L. Patané, P.S. Termini "Decision making processes in the fruit fly: a computational model", Frontiers in Artificial Intelligence and Applications Edited by Bruno Apolloni, Simone Bassis, Anna Esposito, Carlo Francesco Morabito, Neural Nets WIRN11 - Proceedings of the 21st Italian Workshop on Neural Nets Volume 234, pp. 284-291, 2011, ISBN 978-1-60750-971-4, DOI: 10.3233/978-1-60750-972-1-284

[CI64] E. Arena, P. Arena, L. Patané, "Modelling stepping strategies for steering in Insects" Frontiers in Artificial Intelligence and Applications Edited by Bruno Apolloni, Simone Bassis, Anna Esposito,

Carlo Francesco Morabito, Neural Nets WIRN11 - Proceedings of the 21st Italian Workshop on Neural Nets Volume 234, pp. 275-283, 2011, ISBN 978-1-60750-971-4 DOI: 10.3233/978-1-60750-972-1-275

[CI63] E. Arena, P. Arena, L. Patanè, "Efficient hexapodal locomotion control based on flow-invariant subspaces", 18th World Congress of the International Federation of Automatic Control (IFAC), Volume 44, Issue 1, Pages 13758-13763. Milan, Italy, Aug. 28-Sept. 2 2011, DOI: 10.3182/20110828-6-IT-1002.02533 ISBN: 978-3-902661-93-7.

[CI62] Paolo Arena, Luca Patanè, Pietro Savio Termini, Alessandra Vitanza, and Roland Strauss 'Software/Hardware issues in modelling insect brain architecture', 4th International Conference on Intelligent Robotics and Applications (ICIRA), Aachen (Germany), 6-9 December 2011, pp 46-55, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-25489-5_5, ISBN: 978-3-642-25489-5

[CI61] Paolo Arena, Luca Patanè and Pietro Savio Termini, "An insect brain inspired neural model for object representation and expectation" International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN 2011), San Jose, California July 31 - August 5, 2011, pp 1902-1909

[CI60] P. Arena, S. De Fiore, L. Patanè, L. Alba, S. Strauss, "Drosophila-inspired visual orientation model on the Eye-Ris platform: experiments on a roving robot" accepted at the 5th SPIE's International Symposium on Microtechnologies 18 - 20 April 2011 Prague Congress Center. Prague, Czech Republic 10.1117/12.886748, pp1-12 isbn: 9780819486578.

[CI59] P. Arena, S. De Fiore, L. Patanè, P.S. Termini, R. Strauss, "Visual learning in Drosophila: application on a roving robot and comparisons" accepted at the 5th SPIE's International Symposium on Microtechnologies 18 - 20 April 2011 Prague Congress Center. Prague, Czech Republic, pp 1-8, isbn: 9780819486578.

[CI58] P. Arena, M. Cosentino, L. Patanè, A. Vitanza, "SPARKRS4CS: a software/hardware framework for cognitive architectures " accepted at the 5th SPIE's International Symposium on Microtechnologies 18 - 20 April 2011 Prague Congress Center. Prague, Czech Republic pp 1-12 isbn: 9780819486578.

[CI57] E. Arena, P. Arena, L. Patanè, "Frequency-driven gait control in a Central Pattern Generator", ICABB-2010, Venice, Italy October 14-16, 2010, pp.1-6.

[CI56] Ignazio Aleo, Paolo Arena and Luca Patanè, "SARSA-based reinforcement learning for motion planning in Serial Manipulators", WCCI 2010 IEEE World Congress on Computational Intelligence July, 18-23, 2010 - CCIB, Barcelona, Spain, pp. 3605-3610, 978-1-4244-8126-2/10, pp1-6.

[CI55] Ignazio Aleo, Paolo Arena and Luca Patanè, "Incremental learning for visual classification using Neural Gas", WCCI 2010 IEEE World Congress on Computational Intelligence July, 18-23, 2010 - CCIB, Barcelona, Spain, pp. 2397-2402, 978-1-4244-8126-2/10.

[CI54] Paolo Arena, Luca Patanè and Pietro Savio Termini, "An insect brain computational model inspired by Drosophila melanogaster: simulation results" , WCCI 2010 IEEE World Congress on Computational Intelligence July, 18-23, 2010 - CCIB, Barcelona, Spain, pp. 838-845, 978-1-4244-8126-2/10.

[CI53] P. Arena, C. Berg, L. Patanè, R. Strauss and P.S. Termini, “An insect brain computational model inspired by *Drosophila melanogaster*: architecture description”, WCCI 2010 IEEE World Congress on Computational Intelligence July, 18-23, 2010 - CCIB, Barcelona, Spain, pp. 831-837, 978-1-4244-8126-2/10.

[CI52] Paolo Arena, Sebastiano De Fiore, Luca Patanè, Massimo Pollino and Cristina Ventura “Insect inspired unsupervised learning for tactic and phobic behavior enhancement in a hybrid robot”, WCCI 2010 IEEE World Congress on Computational Intelligence July, 18-23, 2010 - CCIB, Barcelona, Spain, pp. 2417-2424, 978-1-4244-8126-2/10.

[CI51] Tina Giuseppe Marco, Ventura Cristina, Arena Paolo, Patanè Luca, Grasso Alfio Dario and Pollino Massimo “Design considerations about a Photovoltaic Power System to Supply a Mobile Robot” IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE 2010), 4-7 July 2010, Bari, Italy, pp. 1829-1834.

[CI50] I. Aleo, P. Arena, L. Patanè, “Parallel Central Pattern Generators for locomotion control in a humanoid robot model” , 18th IEEE Workshop on Nonlinear Dynamics of Electronic Systems (NDES 2010), 26-28 May 2010, Dresden.

[CI49] P. Arena, L. Patane', M. Pollino, C. Ventura, “Tribot: a hybrid robot for cognitive algorithm implementation”, 18th IEEE Workshop on Nonlinear Dynamics of Electronic Systems (NDES 2010), 26-28 May 2010, Dresden.

[CI48] L. Alba, P. Arena, S. De Fiore, L. Patanè R. Strauss and G. Vagliasindi, “Implementation of a *Drosophila*-inspired orientation model on the Eye-Ris platform”, 12th International Workshop on Cellular Nanoscale Networks and their Applications, CNNA10, Berkley, pp.1-6,3-5 February 2010, Digital Object Identifier : 10.1109/CNNA.2010.5430286

[CI47] Aleo, P. Arena, L. Patanè, Learning sequences with neural gas for robot motion planning PHYSCON 2009, Catania, Italy, September 2009, pag 1-6

[CI46bis] P. Arena, L. Patanè, S. Caruso, M. Anastasi & A. Cannata “An integrated system for disaster management in industrial areas”, Disaster Management and Human Health Risk: Reducing Risk, Improving Outcomes, Transaction: The Built Environment volume 110, ISBN: 978-1-84564-202-0, Edited By: K. Duncan, C.A. Brebbia, pp.1- 10, 2009

[CI46] P. Arena, L. Patanè, S. Caruso, M. Anastasi & A. Cannata A software framework for the generation of dynamic vulnerability maps for risk assessment, Disaster Management and Human Health Risk: Reducing Risk, Improving Outcomes, Transaction: The Built Environment volume 110 ISBN: 978-1-84564-202-0, Edited By: K. Duncan, C.A. Brebbia, pp.1- 11, 2009

[CI45] P. Arena, S. De Fiore, D. Lombardo and L. Patanè, “Emergence of perceptual states in nonlinear lattices: a new computational model for perception”, International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN09), Atlanta, Georgia USA, June 14-19, 2039-2046, 2009

[CI44] P. Arena, S. De Fiore, L. Patanè, A. Vitanza, “New bio-inspired perceptual control architecture applied to solve navigation tasks”, in Proc. of Microtechnologies for the New Millennium (SPIE 09), Dresden (GERMANY), 4-6 May 2009, 7365-06.

- [CI43] P. Arena, S. De Fiore, L. Patanè, M. Pollino, C. Ventura, “STDP-based behaviour learning on the Tribot robot”, in Proc. of Microtechnologies for the New Millennium (SPIE 09), Dresden (GERMANY), 4-6 May 2009, Volume 7365 pp. 736506-736506-11.
- [CI42] L. Alba, S. Morillas, J. Listan, A. Jimenez, P. Arena, L. Patanè, “Embedding the AnaFocus Eye-RIS vision system in roving robots to enhance the action-oriented perception”, in Proc. of Microtechnologies for the New Millennium (SPIE 09), Dresden (GERMANY), 4-6 May 2009, 7365-08.
- [CI41] P. ARENA, D. LOMBARDO, PATANE' L. (2008). Biorobots, nonlinear dynamics and Perception. In: *Mining Smartness from Natu.* (vol. 58, pp. 143-152). ISBN: 3-908158-24-9 / 978-3-908158-2. : Trans Tech Publications (SWITZERLAND).
- [CI40] G. Tina, G. Gozzo, P. Arena, S. De Fiore, L. Patané “Design of a Robot Photovoltaic Power Supply System”, The 4th IASME/WSEAS Int. Conf. on EEESD'08 Algarve, Portugal (588-384), 2008, ISBN: 978-960-6766-71-8, pp 239-244
- [CI39] P. Arena, L. Fortuna, D. Lombardo, L. Patanè, “CNN and collective perception”, 11th International Workshop on Cellular Neural Networks and Their Applications, 14-16 July, 2008. CNNA 2008, pp. 186-191.
- [CI38] P. Arena, S. De Fiore, L. Fortuna, D. Lombardo, L. Patanè, “Implementation of a CNN-based perceptual framework on a roving robot” in proceeding of IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS 2008), Seattle, Washington USA, 18-21 May 2008.
- [CI37] P. Arena, S. De Fiore, L. Fortuna, L. Nicolosi, L. Patanè, G. Vagliasindi, “Visual Homing: experimental results on an autonomous robot”, 18th European Conference on Circuit Theory and Design (ECCTD 07) Seville, Spain, 26-30 August 2007.
- [CI36] P. Arena, L. Fortuna, M. Frasca, L. Patanè, C. Sala, “Integrating high-level sensor features via STDP for bio-inspired navigation”, in proceeding of IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS 2007), New Orleans, USA, 25-28 May 2007.
- [CI35] Nazareth P. Castellanos, Valeri A. Makarov, Luca Patanè, and Manuel G. Velarde, “Sensory-motor neural loop discovering statistical dependences among imperfect sensory perception and motor response”, in Proceedings of the Int. Symposium on Microtechnologies for the New Millennium (SPIE 07), Gran Canaria (SPAIN), May 2007. DOI 10.1117/12.724327
- [CI34] P. Arena, L. Patanè, M. Schilling, J. Schmitz, “Walking capabilities of Gregor controlled through Walknet”, in Proc. of Microtechnologies for the New Millennium (SPIE 07), Gran Canaria (SPAIN), May 2007 DOI: 10.1117/12.724091.
- [CI33] P. Arena, L. Fortuna, D. Lombardo, L. Patanè and M. G. Velarde, “The WLC principle for action-oriented perception”, in Proc. of Microtechnologies for the New Millennium (SPIE 07), Gran Canaria (SPAIN), May 2007.

- [CI32] Alba L., P. Arena, S. De Fiore, J. Listan, L. Patanè, G. Scordino and B. Webb, "Multi-sensory architectures for action-oriented perception", in Proc. of Microtechnologies for the New Millennium (SPIE 07), Gran Canaria (SPAIN), May 2007.
- [CI31] Paolo Arena, Holk Cruse, Luigi Fortuna, Davide Lombardo, Luca Patanè, and Rosa Rapisarda, "Adaptive bio-inspired landmark identification for navigation Control", in Proc. of Microtechnologies for the New Millennium (SPIE 07), Gran Canaria (SPAIN), May 2007.
- [CI30] Paolo Arena, Holk Cruse, Luigi Fortuna and Luca Patanè, "An Obstacle avoidance method for a redundant manipulator controlled through a recurrent neural network", in Proc. of Microtechnologies for the New Millennium (SPIE 07), Gran Canaria (SPAIN), May 2007.
- [CI29] Paolo Arena, Luca Patanè, Francesco Distefano, Sebastiano Bucolo and Orazio Aiello, "STDP with adaptive synaptic delay for robot navigation control", in Proc. of Microtechnologies for the New Millennium (SPIE 07), Gran Canaria (SPAIN), May 2007.
- [CI28] M. Schilling, L. Patanè, P. Arena, L. Fortuna, A. Schneider, H. Cruse & J. Schmitz, "Different, biomimetic inspired walking machines controlled by a decentralised control approach relying on artificial neural networks", in Proc. of Workshop on Bio-inspired Cooperative and Adaptive Behaviours in Robots, Roma 2006.
- [CI27] P. Arena, M. Calì, L. Fortuna, C. La Spina, S. M. Oliveri, L. Patanè, G. Sequenza, "A cockroach-inspired hexapod robot: performance enhancement through dynamic simulation", in Proc. of Workshop on Bio-inspired Cooperative and Adaptive Behaviours in Robots, Roma 2006.
- [CI26] P. Arena, L. Fortuna, M. Frasca, L. Patanè, "A multi-layer analog/digital architecture for autonomous locomotion in hexapod robot with sensory feedback", Proc. of 8th International IFAC Symposium on Robot Control (SYROCO 2006), Bologna (Italy), September 6 - 8, 2006.
- [CI25] P. Arena, L. Fortuna, M. Frasca, L. Patanè, D. Barbagallo, C. Alessandro, "Learning high-level sensors from reflexes via spiking networks in roving robots", Proc. of 8th International IFAC Symposium on Robot Control (SYROCO 2006), Bologna (Italy), September 6 - 8, 2006.
- [CI24] P. Arena, M. G. Bedia, L. Fortuna, D. Lombardo, L. Patanè, M. G. Velarde, "Spatio-temporal patterns in CNNs for classification: the winnerless competition principle", in Proc. of CNNA06, pp. 41-46, Istanbul, Turkey, 28-30 August, 2006.
- [CI23] P. Arena, L. Fortuna, M. Frasca, L. Patanè, M. Pollino, "An autonomous mini-hexapod robot controlled through a CNN-based CPG VLSI chip", Proceedings of the 10th IEEE Int. Workshop on Cellular Neural Networks and their Applications, pp.401-406, Istanbul, Turkey, 28-30 August, 2006.
- [CI22] P. Arena, L. Fortuna, M. Frasca, L. Patanè, M. Pavone, "Realization of a CNN-Driven Cockroach-Inspired Robot", in proceeding of IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS 2006), Island of Kos, Grecia, 21-24 April 2006.
- [CI21] P. Arena, L. Fortuna, M. Frasca, L. Patanè, M. Pavone, "Towards Autonomous Adaptive Behavior in a bio-Inspired CNN-Controlled Robot", in proceeding of IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS 2006), Island of Kos, Grecia, 21-24 April 2006

- [CI20] P. Arena, S. De Fiore, L. Fortuna, M. Frasca and L. Patané, G. Vagliasindi, "Weak Chaos Control for Action-Oriented Perception: Real Time Implementation via FPGA" International conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics (Biorob 2006), pp 555-560 Pisa, Italy, February 20-22, 2006.
- [CI19] P. Arena, L. Fortuna, M. Frasca, D. Lombardo, L. Patané, "Learning efference in CNNs for perception-based navigation control", International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications, NOLTA 2005, October 18-21, Bruges, Belgium.
- [CI18] M. Pavone, P. Arena, L. Patané, "An innovative mechanical and control architecture for a biomimetic hexapod for planetary exploration", Proc. of 56th International Astronautical Congress, Fukuoka, Japan, October 17-21, 2005, ID scopus 2-s2.0-34250865520.
- [CI17] P. Arena, L. Fortuna, M. Frasca, G. Lo Turco, L. Patané and R. Russo, "A new simulation tool for action-oriented perception systems", Proc. Of 10th International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFa 2005), 19-22 September, Catania, Italy
- [CI16] Paolo Arena, Luigi Fortuna, Mattia Frasca, Giuseppe Lo Turco, Luca Patané, Rosario Russo, "Perception-based navigation through weak chaos control", Proceedings of the 44th IEEE Conference on Decision and Control, and the European Control Conference 2005 (CDC05) Seville, Spain, December 12-15, 2005, MoA07.2.
- [CI15] Paolo Russo, Barbara Webb, Richard Reeve, Paolo Arena, Luca Patané, "A cricket-inspired neural network for feedforward compensation and multisensory integration", Proceedings of the 44th IEEE Conference on Decision and Control, and the European Control Conference 2005 (CDC05) Seville, Spain, December 12-15, 2005, MoA07.3.
- [CI14] P. Arena, P. Crucitti, L. Fortuna, M. Frasca, D. Lombardo, L. Patané, "Perceptive patterns for mobile robots via RD-CNN and reinforcement learning", Proceedings of the 9th IEEE Int. Workshop on Cellular Neural Networks and their Applications (CNNA 2005), Taiwan, 28-30 May 2005, pp 206-209.
- [CI13] P. Arena, F. Danieli, L. Fortuna, M. Frasca, L. Patané, "Spike-timing-dependent plasticity in spiking neuron networks for robot navigation control", accepted for presentation at the *SPIE 05* Europe Int. Symposium on Microtechnologies for the New Millennium, Sevilla (Spain), 9-11 May 2005.
- [CI12] P. Arena, L. Fortuna, M. Frasca, G. Ganci, L. Patané, "A bio-inspired auditory perception model for amplitude-frequency clustering", accepted for presentation at the *SPIE 05* Europe Int. Symposium on Microtechnologies for the New Millennium, Sevilla (Spain), 9-11 May 2005.
- [CI11] Arena, P.; Fortuna, L.; Frasca, M.; Patané, L.; Vagliasindi, G.; "CPG-MTA implementation for locomotion control", proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems (*ISCAS '05*), Kobe, Japan, May 23-26, 2005.
- [CI10] Arena, P.; Fortuna, L.; Frasca, M.; Patané, L.; Pavone, M.; "Climbing obstacles via bio-inspired CNN-CPG and adaptive attitude control", accepted for presentation at the IEEE International Symposium on Circuits and Systems (*ISCAS '05*), to be held in Kobe, Japan, May 23-26, 2005.

- [CI09] Arena, P.; Fortuna, L.; Patanè, L.; “Soft Computing methodologies and techniques for risk assessment”, Proceedings of 1st Italian Convention on Safety & Environment in Process Industry (*CISAP-I*), 2004 Pages: 215-220.
- [CI08] Cannavò, F.; Fortuna, L.; Frasca, M.; Patanè, L.; “Chaotic sequences in ACO algorithms”, Circuits and Systems, 2004. (*ISCAS '04*). Proceedings of the 2004 International Symposium on, Volume: 4 , 23-26 May 2004 Pages:IV - 513-16 Vol.4.
- [CI07] Arena, P.; Fortuna, L.; Frasca, M.; Patanè, L.; Testa, S.; Zagarella L.; “A tele-operated walking hexapod controlled by a CNN-based CPG”, Proceedings of 6th International Conference on Climbing and Walking Robots (*CLAWAR 2003*) Pages: 19-26.
- [CI06] Arena, P.; Basile, A.; Fortuna, L.; Frasca, M.; Patanè, L.; “A CNN Approach for Controlling a Roving Robot ”, Proceedings of 6th International Conference on Climbing and Walking Robots (*CLAWAR 2003*), Pages: 87-94
- [CI05] Arena, P.; Basile, A.; Fortuna, L.; Frasca, M.; Patanè, L.; “Implementation of Turing patterns for bio-inspired motion control”, Circuits and Systems, 2003. (*ISCAS '03*). Proceedings of the 2003 International Symposium on ,Volume: 3 , 25-28 May 2003 Pages:III-842-845 vol.3.
- [CI04] Arena, P.; Conti, F.; Fortuna, L.; Frasca, M.; Patanè, L.; “Nonlinear Networks to Control Hexapod Walking”, Proceedings of 11th International IEEE Workshop on Nonlinear Dynamics of Electronic Systems (*NDES 2003*) Pages: 13-16.
- [CI03] Arena, P.; Cruse, H.; Fortuna, L.; Frasca, M.; Patanè, L.; “A cellular nonlinear approach to decentralized locomotion control of the stick insect”, Circuits and Systems, 2002. (*ISCAS 2002*). IEEE International Symposium on ,Volume: 4 , 26-29 May 2002 Pages:IV-165 - IV-168 vol.4.
- [CI02] Fortuna, L.; Patanè, L.; “Hexapod locomotion control through a CNN based decentralized system”, Industrial Electronics, 2002. (*ISIE 2002*). Proceedings of the 2002 IEEE International Symposium on ,Volume: 4 , 8-11 July 2002 Pages:1312 - 1317 vol.4.
- [CI01] Arena, P.; Fortuna, L.; Frasca, M.; Patanè, L.; “CNN based central pattern generators with sensory feedback”, Cellular Neural Networks and Their Applications, 2002. (*CNNA 2002*). Proceedings of the 2002 7th IEEE International Workshop on , 22-24 July 2002 Pages: 275–282.

Capitoli in Libri

[CL26] Arena Paolo, Bonanzinga Andrea, Patanè, Luca (2018): Emergence of Locomotion Gaits through Sensory Feedback in a Quadruped Robot. In: A. Adamatzky, S.G. Akl, G. Sirakoulis. From parallel to emergent computing. p.547-574, CRC Press, Taylor and Francis Group (2019), ISBN: 9781315167084, DOI: 10.1201/9781315167084-25

[CL25] Patanè, Luca, Strauss, Roland, Arena, Paolo (2018). Non-linear neuro-inspired circuits and systems: Processing and learning issues. In: Patanè Luca Strauss Roland Arena Paolo. SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology. p. 21-30, Springer Verlag (2018), ISBN: 978-3-319-73346-3, doi: 10.1007/978-3-319-73347-0_2

[CL24] Patanè, Luca, Strauss, Roland, Arena, Paolo (2018). Modelling spatial memory. In: Patanè Luca Strauss Roland Arena Paolo. (a cura di): Patanè Luca Strauss Roland Arena Paolo, SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology. p. 31-43, Springer Verlag (2018), ISBN: 978-3-319-73346-3, doi: 10.1007/978-3-319-73347-0_3

[CL23] Patanè, Luca, Strauss, Roland, Arena, Paolo (2018). Towards neural reusable neuro-inspired systems. In: Patanè Luca Strauss Roland Arena Paolo. (a cura di): Patanè Luca Strauss Roland Arena Paolo, SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology. SPRINGERBRIEFS IN APPLIED SCIENCES AND TECHNOLOGY, p. 87-99, Springer Verlag (2018), ISBN: 978-3-319-73346-3, ISSN: 2191-530X, doi: 10.1007/978-3-319-73347-0_6

[CL22] Patanè, Luca, Strauss, Roland, Arena, Paolo (2018). Controlling and learning motor functions. In: Patanè Luca Strauss Roland Arena Paolo. (a cura di): Patanè Luca Strauss Roland Arena Paolo, Nonlinear Circuits and Systems for Neuro-inspired Robot Control. SPRINGERBRIEFS IN APPLIED SCIENCES AND TECHNOLOGY, p. 45-64, Springer Verlag (2018), ISBN: 978-3-319-73346-3, ISSN: 2191-530X, doi: 10.1007/978-3-319-73347-0_4

[CL21] Patanè, Luca, Strauss, Roland, Arena, Paolo (2018). Learning spatio-temporal behavioural sequences. In: Patanè Luca Strauss Roland Arena Paolo. (a cura di): Patanè Luca Strauss Roland Arena Paolo, Nonlinear Circuits and Systems for Neuro-inspired Robot Control. SPRINGERBRIEFS IN APPLIED SCIENCES AND TECHNOLOGY, p. 65-85, Springer Verlag (2018), ISBN: 978-3-319-73346-3, ISSN: 2191-530X, doi: 10.1007/978-3-319-73347-0_5

[CL20] Patanè, Luca, Strauss, Roland, Arena, Paolo (2018). Biological investigation of neural circuits in the insect brain. In: Patanè Luca Strauss Roland Arena Paolo. (a cura di): Patanè Luca Strauss Roland Arena Paolo, Nonlinear Circuits and Systems for Neuro-inspired Robot Control. SPRINGERBRIEFS IN APPLIED SCIENCES AND TECHNOLOGY, p. 1-20, Springer Verlag (2018), ISBN: 978-3-319-73346-3, ISSN: 2191-530X, doi: 10.1007/978-3-319-73347-0_1

[CL19] E. Arena, P. Arena and L. Patanè, “Speed control on an hexapod robot driven by a CNN-CPG structure”, In *Robots and Lattice Automata*, edited by Georgios C. Sirakoulis, Andrew Adamatzky, Emergence Complexity and Computation Vol. 13, Springer 2015, pp. 97-116, ISBN: 978-3-540-88463-7, DOI: 10.1007/978-3-319-10924-4_5

[CL18] P. Arena, L. Patanè and P.S. Termini “A Computational Model for the Insect Brain”, In *Spatial Temporal Patterns for Action-Oriented Perception in Roving Robots II*, edited by P. Arena

and L. Patanè, Cognitive Systems Monographs Vol. 21, pp. 43-80, Springer International Publishing Switzerland, 2014

[CL17] P. Arena, E. Arena, L. Patanè “CPG for Motor Control”, In *Spatial Temporal Patterns for Action-Oriented Perception in Roving Robots II*, edited by P. Arena and L. Patanè, Cognitive Systems Monographs Vol. 21, pp. 101-122, Springer International Publishing Switzerland, 2014

[CL16] P. Arena, L. Patanè and A. Vitanza “A Robotic Simulation Framework for Cognitive Systems”, In *Spatial Temporal Patterns for Action-Oriented Perception in Roving Robots II*, edited by P. Arena and L. Patanè, Cognitive Systems Monographs Vol. 21, pp. 153-176, Springer International Publishing Switzerland, 2014

[CL15] P. Arena, L. Patanè, I. Aleo, S. De Fiore, M. Pollino, C. Ventura “Robotic Platforms”, In *Spatial Temporal Patterns for Action-Oriented Perception in Roving Robots II*, edited by P. Arena and L. Patanè, Cognitive Systems Monographs Vol. 21, pp. 177-216, Springer International Publishing Switzerland, 2014

[CL14] P. Arena, L. Patanè “Experimental Scenarios”, In *Spatial Temporal Patterns for Action-Oriented Perception in Roving Robots II*, edited by P. Arena and L. Patanè, Cognitive Systems Monographs Vol. 21, pp. 319-330, Springer International Publishing Switzerland, 2014

[CL13] P. Arena, S. De Fiore, P.S. Termini, A. Vitanza “Robotic Experiments and Comparisons”, In *Spatial Temporal Patterns for Action-Oriented Perception in Roving Robots II*, Cognitive Systems Monographs Vol. 21, pp. 331-371, Springer International Publishing Switzerland, 2014

[CL11] P. Arena and L. Patanè, “CONTRIBUTIONS OF CNN TO BIO-ROBOTICS AND BRAIN SCIENCE”, In *Chaos, CNN, Memristors and Beyond. A Festschrift for Leon Chua*, edited by Andrew Adamatzky and Guanrong Chen, World Scientific (March 2013), Chapter 5, pp. 56-82. ISBN: 978-981-4434-79-9, DOI: 10.1142/9789814434805_0005

[CL10] P. Arena and L. Patanè, “Bio-inspired locomotion control of the hexapod robot Gregor III”, In "Bio-inspired Computing and Networking," Edited by Prof. Yang Xiao, and Prof. Fei Hu, to be published by Auerbach Publications, Taylor & Francis Group, CRC press, Feb 2011, ISBN-10: 1420080326, ISBN-13: 978-1420080322, DOI: 10.1201/b10781-7.

[CL09] P. Arena, S. De Fiore and L. Patanè, “Perception for action in roving robots: a dynamical system approach”, in "Artificial Life Models in Hardware" A. Adamatzky and M. Komosinski (eds.), Springer-Verlag London Limited 2009, pp. 103-132 ISBN 978-1-84882-529-1 DOI 10.1007/978-1-84882-530-7.

[CL08] P. Arena, S. De Fiore, D. Lombardo and L. Patanè, “Robotic platforms and experiments”, In *Spatial Temporal Patterns for Action Oriented Perception in Roving Robots*, edited by P. Arena and L. Patanè, Cognitive Systems Monographs Vol. 1, Springer (March 2009), pp. 399-422, ISBN: 978-3-540-88463-7.

[CL07] L. Alba, P. Arena, S. De Fiore and L. Patanè, “SPARK Hardware”, In *Spatial Temporal Patterns for Action Oriented Perception in Roving Robots*, edited by P. Arena and L. Patanè, Cognitive Systems Monographs Vol. 1, Springer (March 2009), pp. 385-397, ISBN: 978-3-540-88463-7.

[CL06] P. Arena, D. Lombardo and L. Patanè, “Complex systems and perception”, In *Spatial Temporal Patterns for Action Oriented Perception in Roving Robots*, edited by P. Arena and L. Patanè, Cognitive Systems Monographs Vol. 1, Springer (March 2009), pp. 309-347, ISBN: 978-3-540-88463-7.

[CL05] P. Arena, S. De Fiore, M. Frasca, D. Lombardo and L. Patanè, “From low to high level approach to cognitive control”, In *Spatial Temporal Patterns for Action Oriented Perception in Roving Robots*, edited by P. Arena and L. Patanè, Cognitive Systems Monographs Vol. 1, Springer (March 2009), pp. 269-308, ISBN: 978-3-540-88463-7.

[CL04] P. Arena, L. Fortuna, M. Frasca, L. Patanè,. (2008). Sensory feedback in locomotion control. In: P. Arena. *Dynamical systems, Wave-based computation and Neuro-inspired Robots*. (CISM Courses and Lectures, vol. 500, pp. 143-158). ISBN: 978-3-211-78774-8. : SpringerWienNewYork DOI: 10.1007/978-3-211-78775-5_11.

[CL03] P. Arena, Patanè L. (2008). A looming detector for collision avoidance. In: P. Arena. *Dynamical systems, Wave-based computation and Neuro-inspired Robots*. (CISM Courses and Lectures, vol. 500, pp. 159-168). ISBN: 978-3-211-78774-8. : SpringerWienNewYork. DOI: 10.1007/978-3-211-78775-5_12

[CL02] P. Arena, L. Fortuna, M. Frasca, L. Patanè, “Hearing: recognition and localization of sound”, Chapter in P. Arena (Eds) *Dynamical systems, Wave-based computation and Neuro-inspired Robots*, CISM Courses and Lectures, vol. 500, pp. 170-180, SpringerWienNewYork, 2008, ISBN 978-3-211-78774-8 . DOI: 10.1007/978-3-211-78775-5_13

[CL01] P. Arena, D. Lombardo, L. Patanè, “Perception and robot behavior”, Chapter in P. Arena (Eds) *Dynamical systems, Wave-based computation and Neuro-inspired Robots*, CISM Courses and Lectures, vol. 500, pp. 183-199, SpringerWienNewYork, 2008, ISBN 978-3-211-78774-8 DOI: 10.1007/978-3-211-78775-5_14

Tesi di Dottorato di Ricerca

[TD] L. Patanè, Tesi di Dottorato di Ricerca in Ingegneria Elettronica ed automatica, XVII Ciclo dell'Università degli Studi di Catania, “*Bio-inspired Robots: from Sensing toward Perception*”, tutor prof. Paolo Arena.

Pubblicazioni su Riviste Nazionali

[RN1] Paolo Arena, Davide Lombardo, Luca Patanè, “*I pattern di Turing in reti cellulari: dinamiche emergenti in un'architettura generale per la percezione*”, Sistemi Intelligenti n. 2, agosto 2008, pp193-208, Sistemi Intelligenti, Il Mulino, DOI: 10.1422/27402 ISSN : 1120-9550.

Extended Abstract

[EA3] Paolo Arena, Luca Patanè, Cellular computation in the Insect Brain, CNNA 2016, 15th International Workshop on Cellular Nanoscale Networks and their Applications, August 23-25, 2016, Dresden, Germany.

[EA2] Paolo Arena, Luca Patanè and R. Strauss, Motor learning and body size within an insect brain computational model, *Biomimetic and Biohybrid Systems Lecture Notes in Computer Science* Volume 8608, 2014, pp 367-369 DOI: 10.1007/978-3-319-09435-9_32

[EA1] Roland Strauss, Stefanie Flethe, José A. Villacorta, Valeri A. Makarov, Manuel G. Velarde, Luca Patané, Paolo Arena, Roving Robots Gain from an Orientation Algorithm of Fruit Flies and Predict a Fly Decision-Making Algorithm , *Biomimetic and Biohybrid Systems Lecture Notes in Computer Science* Volume 8608, 2014, pp 433-435 DOI: 10.1007/978-3-319-09435-9_53