

## CURRICULUM DELL'ATTIVITA' SCIENTIFICA E DIDATTICA

(redatto ai sensi degli Artt. 46 e 47 del D.P.R. 28.12.2000, n. 445)

### Formazione

(Da *Ottobre 2018* a *Settembre 2021*) Dottorato di Ricerca in "*Robotique*" presso il LAAS-CNRS e la scuola di Dottorato École Doctorale Systèmes (EDSYS) dell'Università "Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse" (INSA) Francia. Titolo conseguito il 08 Aprile 2022. Titolo della tesi: "*Aerial Cooperative Manipulation: full pose manipulation in air and in interaction with the environment*". Responsabile Scientifico: Prof. Antonio Franchi.

(*16 Maggio 2019*) Test of English for International Communication (TOEIC).

(*Novembre 2017*) Abilitazione alla professione di Ingegnere.

(Da *Ottobre 2015* a *Ottobre 2017*) Laurea Magistrale in "*Automation Engineering and Control of Complex Systems*" presso l'Università degli Studi di Catania. Titolo conseguito il 03 Ottobre 2017 con voto 110/110 e Lode. Titolo della tesi: "*Digital particle image velocimetry analysis of RBCs flows in micro-channels*". Responsabile Scientifico: Prof. Maide Bucolo

(Da *Agosto 2015* a *Novembre 2015*) Corso di Specializzazione Post-Laurea "*Esperto Informatico in modelli e tecnologie per la smart education*" organizzato da Links Management and Technology Spa nell'ambito del Progetto EDOC@WORK3.0 finanziato dal Programma Operativo Nazionale Ricerca e Competitività 2007- 2013 - Smart Cities and Communities and Social Innovation - Asse e Obiettivo: Asse II - Azioni integrate per lo sviluppo sostenibile.

(Da *Ottobre 2013* a *Luglio 2015*) Laurea di primo livello in *Ingegneria Informatica* presso l'Università degli Studi di Catania. Titolo conseguito il 22 Luglio 2015 con voto 109/110. Titolo della tesi: "*Modellazione e design di un sistema bio-inspirato per la navigazione subacquea*". Responsabile Scientifico: Prof. Paolo Arena

(Da *Novembre 2022* a *Febbraio 2023*) Vincitore di un bando di selezione pubblica per una borsa di ricerca dal titolo "*Algoritmi di Brain Computer Interface per il controllo di sistemi domotici*" emanata dal Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Elettronica e Informatica (DIEEI) dell'Università degli Studi di Catania con D.R. 2957 del 05.09.2022. Responsabile Scientifico: Prof.ssa Maide Bucolo.

### Posizione Attuale

(Da *Marzo 2023*) - Ricercatore a Tempo Determinato di tipo A (RTD-A) presso il Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Elettronica ed Informatica (DIEEI) dell'Università degli Studi di Catania.

### Attività Professionale

(Da *Maggio 2022* a *Ottobre 2022*) Vincitore di un bando di selezione pubblica per una borsa di Post-Dottorato emanata dal laboratorio LAAS-CNRS di Tolosa (Francia) con programma di ricerca "*Integrazione e valutazione*

*sperimentale di una piattaforma robotica aerea per il trasporto e la manipolazione di oggetti*". Responsabile Scientifico: Simon Lacroix, Juan Cortés.

(Da *Ottobre 2021* a *Gennaio 2022*) Contratto di lavoro a tempo determinato presso il CNRS a seguito dell'Articolo 36 della legge n. 2020-734 del 17 Giugno 2020 svolgendo attività di ricerca in continuità con la tesi di Dottorato.

(Da *Febbraio 2022* a *Aprile 2022*) Contratto di lavoro a tempo determinato presso il CNRS svolgendo attività di ricerca in continuità con la tesi di Dottorato.

(Da *Luglio 2018* a *Settembre 2018*) Software Engineer MODIS Consulting S.r.l. presso Fiat Chrysler Automobiles (FCA). Sede: Torino.

(Da *Dicembre 2015* a *Febbraio 2016*) Sviluppatore Software presso l'azienda Links Management and Technology Spa. Sede: Via Rocco Scotellaro, 55, 73100 Lecce LE.

## Partecipazione ad attività di ricerca finanziata

La borsa di studio relativa all'attività di Dottorato è stata finanziata dal progetto che qui di seguito viene riportato.

[PR-D1] (*2018-2022*) Progetto MuRoPhen finanziato dall'Agenzia Nazionale della Ricerca (ANR) dello stato Francese (Project ANR-17-CE33-0007).

Inoltre, durante il corso di Dottorato, sono state svolte collaborazioni e attività di ricerca nei seguenti progetti:

[PR-C1] (*2018-2022*) Progetto "Horizon 2020 Aerial Core" finanziato dall'Unione Europea (ID: 871479 AERIAL-CORE).

[PR-C2] (*2018-2022*) Progetto "Fly-crane: un sistema multi-robot per il trasporto e la manipolazione aerea" finanziato dalla regione Occitania del 2018 sotto il contratto 2018 003431 - ESR PREMAT-000160.

## Periodi di Permanenza all'Estero

(Da *Maggio 2022* a *Ottobre 2022*) L'attività di Post-Dottorato è stata svolta presso i laboratori del LAAS-CNRS a Tolosa, Regione Occitania, Francia conducendo attività di ricerca e sperimentale sul tema "*Integrazione e valutazione sperimentale di una piattaforma robotica aerea per il trasporto e la manipolazione di oggetti*" nell'ambito del progetto [PR-C2].

(Da *Ottobre 2018* a *Ottobre 2021*) Il Corso di Dottorato è stato svolto presso i laboratori del LAAS-CNRS a Tolosa, Regione Occitania, Francia conducendo ricerca sul tema "*Aerial Cooperative Manipulation*" nell'ambito dei progetti MuRoPhen [PR-D1], Aerial Core [PR-C1] e Flycrane [PR-C2].

## Attività di Valutazione e Revisione

Revisore per riviste scientifiche internazionali

**IEEE Transactions on Control Systems Technology**

**IEEE Robotics Automation-Letters**

**IEEE Transactions on Robotics**

**IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics: Systems**

**Elsevier Control Engineering Practice**

Revisore per conferenze internazionali

**IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)**

**IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)**

**IEEE International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)**

**IEEE International Conference on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR)**

## Partecipazione a Scuole Internazionali

(Dal 3-7 Luglio 2023) Partecipazione alla formazione proposta dal CNRS dal titolo "EEGLAB Workshop" per una durata di 32 ore.

(Dal 1-5 Marzo 2021) Partecipazione alla formazione proposta dal CNRS dal titolo "Language C++14/17" per una durata di 35 ore.

(Giugno 2019) Partecipazione alla formazione proposta dalla scuola di Dottorato EDSYS dal titolo "*Pratiques pédagogiques pour l'Université*" per una durata totale di 18 ore.

(Dal 2-5 Luglio 2019) Partecipazione al corso di formazione dal titolo "*Mathematical Theory of Grasping and Manipulation*" tenuta dal prof. Domenico Prattichizzo dell'Università degli Studi di Siena per una durata totale di 20 ore.

(Dal 26 Giugno al 1 Luglio 2019) Partecipazione alla "*ETH Robotics Summer School*", Zurigo, Svizzera.

## Partecipazione a Competizioni Internazionali

[CO-1] (Dal 23-27 Febbraio 2020) Partecipazione alla competizione internazionale di Robotica *MBZIRC*, Abu Dhabi, Emirati Arabi Uniti con il team LAAS-CNRS.

## Relatore a Conferenze ed Eventi di Disseminazione Scientifica Internazionali

(Dal 29 Maggio al 2 Giugno 2023 ) IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Londra, UK. Presentazione del lavoro: **D. Sanalidro**, M. Tognon, A. E. Jimenez-Cano, J. Cortés, and A. Franchi, "*Indirect Force Control of a Cable-Suspended Aerial Multi-Robot Manipulator*"

(Dal 31 Maggio al 4 Giugno 2020 ) IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Parigi, Francia. Presentazione virtuale del lavoro: **D. Sanalidro**, H. J. Savino, M. Tognon, J. Cortés, and A.

Franchi, "Full-pose manipulation control of a cable-suspended load with multiple UAVs under uncertainties". <https://www.youtube.com/watch?v=3fQV2JNzZF0>

(Dal 1-4 Settembre 2020) IEEE International Conference on Unmanned Aerial Vehicles (ICUAS), Atene, Grecia. Presentazione in presenza del lavoro: A. Petitti, **D. Sanalidro**, M. Tognon, A. Milella, J. Cortés, and A. Franchi, "Inertial estimation and energy-efficient control of a cable-suspended load with a team of UAVs"

(16 Maggio 2022) Presentazione del laboratorio alla Notte Europea dei Ricercatori organizzata dall'Université Fédérale - Toulouse Midi-Pyrénées.

## Attività di Ricerca

(Dal 2017) In questi anni, sono state sviluppate principalmente tre linee di ricerca.

In particolare, la prima su cui è stata incentrata maggiormente l'attività di ricerca ha come obiettivo primario lo sviluppo e l'applicazione di metodologie e tecnologie per la stima e il controllo di sistemi robotici (principalmente veicoli aerei). L'attività si è principalmente concretizzata presso il "Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes" LAAS del CNRS, di Tolosa (Francia).

La seconda e la terza, entrambe concretizzate presso l'Università degli Studi di Catania, riguardano rispettivamente la miniaturizzazione di dispositivi biomedici per l'analisi cellulare su scale micrometriche e la realizzazione e validazione sperimentale di metodologie bio-ispirate applicabili alla stima di sistemi robotici.

Queste tre linee principali di ricerca sono anche il frutto dell'avvio e dello sviluppo di alcune collaborazioni, spesso caratterizzate dall'unione di competenze tra di loro complementari, con ricercatori operanti presso Centri di Ricerca e Università nazionali e internazionali.

I risultati della ricerca scientifica si sono concretizzati in una monografia, quattro memorie pubblicate su riviste scientifiche internazionali e quattro memorie pubblicate sugli atti di congressi internazionali.

### Manipolazione Cooperativa tramite Robot Aerei

In collaborazione con:

(2019) Centro di Ricerca E. Piaggio, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università degli Studi di Pisa. Responsabile: Prof. Lucia Pallottino

(2020) Centro Sistemi e Tecnologie Industriali Intelligenti per il Manifatturiero Avanzato, Consiglio Nazionale delle Ricerche (STIIMA CNR). Responsabile: Prof. Antonio Petitti

(2020) Università degli Studi di Roma La Sapienza, Dipartimento di Ingegneria Informatica, Automatica e Gestionale (DIAG). Responsabile: Prof. Giuseppe Oriolo.

Una delle maggiori capacità dei sistemi robotici, più nello specifico dei veicoli aerei, è quella di contribuire alla percezione dell'ambiente circostante attraverso l'insieme dei sensori di cui sono possono essere dotati, capacità che è stata ampiamente sfruttata fin dalla loro prima apparizione. L'avvento di mezzi aerei senza pilota (Unmanned Aerial Vehicles UAV) ha accelerato tale processo dal momento che tali sistemi sono in grado di raggiungere spazi più ampi o inaccessibili rispetto ad altre categorie di robot. Inoltre, negli ultimi anni, il progresso tecnologico ha portato all'impiego di sistemi robotici in operazioni sempre più complesse dove i robot hanno la capacità e possibilità di interagire con l'ambiente esterno e/o circostante. Questa sfida si è dimostrata particolarmente rilevante in molte applicazioni di robotica come la presa, il trasporto, il posizionamento, il montaggio e lo smantellamento.

Nonostante i veicoli aerei singoli sarebbero in grado di svolgere tali compiti, e l'ampia varietà di soluzioni proposte nello stato dell'arte lo dimostra, in alcuni casi, l'area copribile e il carico complessivo di un singolo robot risultano limitati, per cui l'impiego di sistemi multi-robot permette il superamento di tali limitazioni.

In questo ambito, durante l'attività di Dottorato, sono stati condotti degli studi sul *problema della manipolazione*

*cooperativa* nel contesto dei progetti [PR-D1], [PR-C1], il cui principale scopo è quello del controllo di uno o più gradi di libertà del carico sostenuto dai componenti facenti parte del sistema multi-robot. In particolare, sono stati definiti modelli e algoritmi di stima e controllo, validati sperimentalmente, che ne permettessero la risoluzione in due specifici contesti che abbracciano un largo insieme di applicazioni, ovvero senza interazione con l'ambiente circostante e in interazione con l'ambiente circostante.

Fanno parte del primo insieme, ovvero, modelli e algoritmi senza interazione con l'ambiente circostante, lo studio di una formulazione dinamica del problema la cui genericità risiede nel tipo e nel numero di robot implicabili e nel tipo di connessioni che possono essere utilizzate. Una strategia di controllo decentralizzata basata su un paradigma "leader-follower" e l'analisi della sua stabilità hanno completato lo studio [RI-6]. Sempre nell'ambito dei progetti sopra citati, una seconda formulazione cinematica di una specifica configurazione a cavi, chiamata "Flycrane", che fa uso del minimo insieme di robot per ottenere pieno controllo del carico sostenuto, il suo controllo che tiene conto di possibili incertezze di modello e di disturbi dinamici e la validazione sperimentale sono stati oggetto della conduzione di un secondo studio [RI-5]. L'estensione di tale formulazione per la stima "online" di alcuni parametri dinamici quali la massa e il centro di massa del carico è stato oggetto invece di un terzo studio [CI-3].

Del secondo insieme, fanno invece parte le metodologie sviluppate e validate sperimentalmente nella seconda fase del corso di Dottorato, che prendono spunto dalle prime, ma che prevedono un'interazione diretta con l'ambiente circostante rappresentabile come l'ambiente stesso, altri robot o esseri umani. Tra queste, il primo studio si focalizza su una strategia di controllo condivisa ("shared") con un umano per la realizzazione di azioni cosiddette di "pick and place" (presa e deposito) per la realizzazione di operazioni di montaggio e smontaggio in cantieri edili [RI-3] nell'ambito del progetto [PR-C2]. Il secondo studio riguarda invece una strategia di controllo che permette la generazione di traiettorie per un sistema multi-robot che tiene conto dello scambio di forze e momenti tra il sistema stesso e ciò che lo circonda [RI-4]. Conclude questo secondo sotto insieme lo studio [CI-2] incentrato su due approcci cooperativi, uno basato sulla comunicazione ed uno che ne fa a meno, per il coordinamento e la pianificazione di sistemi multi-robot nell'esecuzione di azioni di "pick and place", validato tramite simulazioni e sviluppato all'interno del progetto per la partecipazione alla competizione internazionale di robotica MBZIRC [CO-1].

I risultati metodologici, analitici e sperimentali ottenuti e raccolti in [L-1] dimostrano la valenza e l'efficacia dei modelli e le strategie di controllo sviluppate a tal punto da poter incoraggiare la loro applicazione nel mondo reale.

Nonostante ciò, diverse sono le possibili migliorie applicabili a tali sistemi multi-robot. Tra le meritevoli di attenzione, sicuramente il disaccoppiamento di tali sistemi da mezzi di posizionamento globale, spesso presenti in ambienti cosiddetti "indoor" quali per esempio i laboratori. Tale aspetto aprirebbe la via allo studio di nuovi approcci in termini di stima del posizionamento relativo di tutti i componenti dei sistemi multi-robot e algoritmi di comunicazione tra li stessi. Come conseguenza ulteriore, tali sistemi potrebbero quindi trovare applicazione in ambienti esterni, fuori quindi da condizioni favorevoli come quelle presenti all'interno dei laboratori, sfida che ancora risulta non essere semplice da superare per la comunità scientifica.

## Modellazione di Processi Microfluidici ed Applicazioni

In collaborazione con:

(2017) Microfluidics Group - Università degli Studi di Catania. Responsabile: Prof. Maide Bucolo

(2017) Microhemodynamics Lab - University of California San Diego (UCSD), USA. Responsabile: Prof. Marcos Intaglietta

La manipolazione di piccole quantità di fluidi e di particelle micrometriche in sospensione all'interno di dispositivi microfluidici per l'analisi di processi biologici e chimici su chip portatili e a basso costo, quali i "System-on-a-Chip", rappresenta una tematica rilevante nello sviluppo di biotecnologie all'avanguardia.

Di particolare interesse in questo ambito sono i processi microfluidici bifase, ottenuti facendo confluire due fluidi immiscibili o particelle/cellule in sospensione (es. fluidi biologici) all'interno di un microcanale con diametri che variano dai micrometri ai millimetri.

Questi processi rientrano nella classe dei sistemi non lineari a due ingressi ed a dimensioni infinite. In base alle condizioni sperimentali in cui si opera (proprietà fisiche, chimiche, elettriche ed ottiche sia delle fasi sia del dispositivo) e la geometria progettata per il microcanale (rettilinea, curvilinea, con percorsi convergenti o divergenti e con camere), l'interazione delle due fasi o il comportamento delle particelle/cellule in sospensione può variare notevolmente lungo il canale, generando comportamenti sia lineari che non lineari. Risulta quindi fondamentale, per garantire un'elevata precisione e soprattutto la ripetibilità dei processi, disporre di tecnologie per la gestione ed il monitoraggio dei flussi, a basso costo, non invasive e di semplice utilizzo, così come metodologie di modellazione flessibili ed accurate per la realizzazione di schemi di controllo adeguati e robusti.

L'attività sviluppata in questo ambito durante il corso di Laurea Magistrale si è declinata nello sviluppo di una metodologia per il monitoraggio di particelle e più specificamente di globuli rossi in micro-canali tramite una procedura basata su analisi di immagine che prevede lo studio della velocità di tali particelle sottoposte a flussi prestabiliti all'interno dei micro-canali [CI-5]. La metodologia sviluppata ha avuto quindi come oggetto di analisi processi emodinamici a livello micro-circolatorio e la sua validazione è stata possibile tramite i dati scaturiti nell'ambito della collaborazione con il laboratorio Microhemodynamics Lab (UCSD).

Sviluppi futuri coinvolgono differenti aree di investigazione. In primo luogo dal punto di vista metodologico, essendo le geometrie, i diametri ed i materiali dei canali in gioco, così come i fluidi considerati caratterizzanti per definire i valori dei flussi di ingresso per il passaggio da un comportamento all'altro, una maggiore consapevolezza scientifica in questa direzione, frutto anche di un lavoro interdisciplinare, è necessaria. Dal punto di vista tecnologico, l'ingegnerizzazione di tali dispositivi con sistemi modulari e a basso costo necessita di ulteriore impegno da parte della comunità scientifica.

## Stima dei parametri corporei di robot tramite modelli bioispirati

In collaborazione con:

(2018) Biorobotics Group - Università degli Studi di Catania. Responsabile: Prof. Paolo Arena

Data la continua evoluzione nell'ambito della robotica, la conoscenza e la rappresentazione dello spazio occupato da un sistema robotico in relazione all'ambiente circostante è un elemento chiave nello sviluppo di attività cognitive di alto livello. Il proprio modello spaziale può essere rappresentato tramite una rappresentazione sensoriale e di movimento e tale rappresentazione può essere utilizzata per eseguire le più svariate attività. Esempi sono la raggiungibilità o l'attraversabilità dell'ambiente circostante tramite l'analisi del proprio movimento coadiuvata alla percezione tramite organi sensoriali.

In questo contesto, nell'ambito della collaborazione con l'Università degli Studi di Catania ed alla luce del fatto che metodi basati su tecniche di apprendimento, reti neurali e reti neurali bio-inspirate si sono mostrate altamente promettenti per risolvere questa tipologia di problemi, è stato condotto uno studio che ha previsto lo sviluppo di una rete neurale bio-inspirata ("spiking neural network") applicata ad un robot umanoide (DarwinOp) per la

stima e l'apprendimento della distanza relativa tra se stesso e gli oggetti presenti nell'ambiente circostante tramite la computazione della parallasse, ovvero il fenomeno per cui un oggetto sembra spostarsi rispetto allo sfondo se si cambia il punto di osservazione [CI-4].

Tale approccio è stata validato tramite una campagna sperimentale che ha previsto, in primo luogo, una fase di allenamento della rete neurale bioispirata, e in secondo luogo dell'applicazione di tale allenamento in uno scenario reale che, nello specifico, coinvolge un robot umanoide nell'apprendimento della lunghezza dei propri arti.

Sviluppi futuri prevedono l'estensione di tali reti neurali in maniera tale che l'apprendimento dello spazio occupato relativo allo spazio circostante possa coinvolgere non solo singoli parti del sistema ma il sistema nella sua interezza.

## Publicazioni Scientifiche

### Monografie

- [L-1] **D. Sanalidro**, "Aerial cooperative manipulation: full pose manipulation in air and in interaction with the environment," Ph.D. dissertation, INSA de Toulouse, 2022.

### Publicazioni su Riviste Internazionali (RI)

- [RI-1] C. Gabellieri, M. Tognon, D. Sanalidro, A. Franchi, "Equilibria, Stability, and Sensitivity for the Aerial Suspended Beam Robotic System Subject to Parameter Uncertainty" accepted to IEEE Transaction on Robotics, 2023.
- [RI-2] S. Cariello, D. Sanalidro, A. Micali, A. Buscarino, M. Bucolo, "Brain-Computer-Interface-Based Smart-Home Interface by Leveraging Motor Imagery Signals", MDPI Inventions, vol. 8, no. 4, pp. 91, 2023.
- [RI-3] A. Jiménez-Cano, **D. Sanalidro**, M. Tognon, A. Franchi, and J. Cortés, "Precise cable-suspended pick-and-place with an aerial multi-robot system," Journal of Intelligent & Robotic Systems, vol. 105, no. 3, pp. 1–13, 2022.
- [RI-4] **D. Sanalidro**, M. Tognon, A. Jimenez-Cano, J. Cortés, and A. Franchi, "Indirect force control of a cable-suspended aerial multi-robot manipulator," IEEE Robotics and Automation Letters, 2022.
- [RI-5] **D. Sanalidro**, H. J. Savino, M. Tognon, J. Cortés, and A. Franchi, "Full-pose manipulation control of a cable-suspended load with multiple UAVs under uncertainties," IEEE Robotics and Automation Letters, vol. 5, no. 2, pp. 2185–2191, 2020.
- [RI-6] C. Gabellieri, M. Tognon, **D. Sanalidro**, L. Palottino, and A. Franchi, "A study on force-based collaboration in swarms," Springer, Swarm Intelligence, vol. 14, pp. 57–82, 2020.

### Publicazioni su atti di Congressi Internazionali (CI)

- [CI-1] C. Gabellieri, M. Tognon, D. Sanalidro, A. Franchi, "Force-based Pose Regulation of a Cable-Suspended Load Using UAVs with Force Bias" accepted to 2023 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS).
- [CI-2] E. Umili, M. Tognon, **D. Sanalidro**, G. Oriolo, and A. Franchi, "Communication-based and communication-less approaches for robust cooperative planning in construction with a team of UAVs," International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS). IEEE, 2020, pp. 279–288.

- [CI-3] A. Petitti, **D. Sanalidro**, M. Tognon, A. Milella, J. Cortés, and A. Franchi, “Inertial estimation and energy-efficient control of a cable-suspended load with a team of UAVs,” International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS). IEEE, 2020, pp. 158–165.
- [CI-4] P. Arena, L. Patané, **D. Sanalidro**, and A. Vitanza, “Insect-inspired body size learning model on a humanoid robot,” 7th IEEE International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics (Biorob). IEEE, 2018, pp. 1127–1132.
- [CI-5] F. Cairone, **D. Sanalidro**, M. Bucolo, D. Ortiz, P. J. Cabrales, and M. Intaglietta, “DPIV analysis of RBCs flows in serpentine micro-channel,” European Conference on Circuit Theory and Design (ECCTD). IEEE, 2017, pp. 1–4.