



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA

Prof. Francesco Durante

Curriculum scientifico

(Aggiornato il 2020/10/12)

DATI PERSONALI

Luogo di nascita: **L'Aquila**

E-mail:

TITOLI DI STUDIO

Laurea in *Ingegneria Meccanica*- Universita' degli Studi di L'Aquila.

Dottorato di Ricerca in *Ingegneria della Qualita'*- Universita' degli studi di Firenze.

Ricercatore post-dottorato ? Università degli studi di L'Aquila

Lingua straniera: Inglese

CRONOLOGIA DELLE ATTIVITA' SVOLTE

1992 **laurea** in ingegneria meccanica. Tesi:

progetto di membrature di robot con il controllo della flessibilita' strutturale: modellazione numerica e sperimentale con votazione **110/110 e menzione**

della commissione esaminatrice che riconosceva l'originalita' del contributo scientifico emerso nel lavoro di tesi.

Anno accademico 93/94 **cultore della materia**

per il corso di Costruzione di Macchine Automatiche e Robot per allievi ingegneri meccanici presso l'Università di L'Aquila.

Aprile 1994 - ottobre 1996, corso di **dottorato di ricerca** in *Ingegneria della Qualità*, IX ciclo, con sede amministrativa presso l'Università di Firenze e consorziato con le Università di Ancona, Pisa e con il Politecnico di Milano.

Novembre 1996 - maggio 1999, attività di ricerca come **collaboratore volontario** presso il dipartimento di Energetica dell'Università de L'Aquila.

Giugno 1999 - giugno 2001, attività di ricerca **post dottorato**

, presso il Dipartimento di Energetica dell'Università de L'Aquila, relativa allo *sviluppo di un braccio robotico antropomorfo, con attuatori a muscoli pneumatici, per usi riabilitativi.*

Cultore della materia

per i corsi di Meccanica Applicata alle Macchine, Automazione a fluido, Fondamenti di Meccanica Applicata, Dispositivi e Sistemi Meccanici presso l'Università de L'Aquila.

Luglio 2001 ? Ottobre 2002, attività **dricerca**

con contratti di collaborazione con il Dipartimento di Energetica dell'Università di L'Aquila.

Novembre 2002 ? data odierna, servizio come **ricercatore**

presso il Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale (DIMEG) dell'Università di L'Aquila nel raggruppamento disciplinare ING-IND/13, Meccanica Applicata alle Macchine.

ATTIVITÀ SCIENTIFICA

L'attività di ricerca è stata svolta nell'ambito della Meccanica Applicata alle Macchine ed in particolare ha riguardato l'analisi dei sistemi meccanici con riferimento alle tecniche delle vibrazioni, della automazione a fluido, della robotica, della bioingegneria e dei microsistemi. Sono stati sviluppati attuatori pneumatici innovativi denominati muscoli pneumatici. Sono state acquisite le competenze sulle leghe a memoria di forma per poterle utilizzare come attuatori. Inoltre sono state realizzate applicazioni nelle quali vengono utilizzati gli attuatori sviluppati.

L'attività di ricerca complessivamente svolta è sinteticamente descritta nel seguito.

1. Vibrazioni: procedure di previsione del comportamento dinamico di strutture modificate

A partire dall'anno 2000, partecipazione ad uno studio, attivo nel dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale dell'Università di L'Aquila, volto alla caratterizzazione di modifiche strutturali distribuite ai fini della previsione del comportamento dinamico di elementi di macchine e strutture. Si tratta della possibilità di previsione del modello modale di una struttura modificata, realizzato a partire dalla conoscenza di un modello sperimentale approssimato della struttura esistente e da un modello numerico della modifica. Le tecniche in fase di studio consentono il "raccordo" dei pochi gradi di libertà di tipo traslazionale noti all'interfaccia della struttura esistente, con i numerosi gradi di libertà rotazionali e traslazionali noti all'interfaccia del modello numerico costituente la modifica (pubblicazioni n. 33, 35, 41).

2. Sviluppo di attuatori innovativi a muscolo pneumatico

È stata svolta una intensa attività di ricerca volta allo sviluppo di attuatori pneumatici innovativi denominati muscoli pneumatici. I muscoli pneumatici sono attuatori che imitano la funzione di contrazione/distensione del muscolo umano attraverso un elemento elastomerico di forma cilindrica che, interagendo con rinforzi filiformi ad elevata rigidità assiale ed elevata flessibilità, presenta un accorciamento/allungamento in direzione assiale al variare della pressione al suo interno. Sono caratterizzati da un elevato rapporto potenza/peso, ed hanno un comportamento fortemente non lineare, principalmente per le grandi deformazioni e per il comportamento del materiale elastomerico. Per questi attuatori è stato definito un modello numerico non lineare agli Elementi Finiti, secondo la formulazione di Mooney-Rivlin, è stata proposta una metodologia di progetto, non essendo disponibili in letteratura procedure di progettazione, ed infine è stato messo a punto il processo produttivo e realizzato un banco tecnologico per la fabbricazione degli attuatori (pubblicazioni n. 16, 17, 19, 21, 30). Questi attuatori sono stati realizzati in gomma siliconica mediante l'uso di appositi stampi. Essi presentano durata a fatica insufficiente per le applicazioni. Si è passati allora ad un altro materiale elastomerico: il lattice naturale. Nell'ambito dell'attività è stata sviluppata la tecnologia per la realizzazione degli attuatori in lattice naturale. In questo caso la realizzazione è molto più difficoltosa rispetto al caso in cui si utilizza il silicone dato che il lattice, durante la fase di indurimento, deve cedere umidità all'ambiente. A tal scopo sono stati

utilizzati stampi in gesso. Successivamente è stato intrapreso un programma di caratterizzazione sperimentale, ancora in atto, della durata a fatica dei nuovi prototipi realizzati in lattice naturale. Inoltre si è lavorato ad una procedura per la previsione della durata a fatica di questo tipo di attuatori (pubblicazione n. 37).

3. Sviluppo di attuatori in leghe a memoria di forma

È iniziata dal 1997 una attività di ricerca nell'ambito dei manipolatori azionati da SMA (Shape Memory Alloys). Le SMA sono leghe metalliche che a temperatura ambiente si trovano vicine ad una transizione di fase. A determinate temperature, in seguito alla transizione di fase, queste leghe modificano le loro dimensioni e possono essere utilizzate come attuatori. Esse presentano un elevato rapporto potenza/peso. Nelle applicazioni sono state utilizzate SMA in Nichel -Titanio (Nitinol) sotto forma di fili con diametro da 100mm a 250mm. È stato messo a punto un controllo retroazionato in posizione che usa, come segnale di retroazione, un sensore potenziometrico e per il comando, corrente elettrica da inviare alle SMA (pubblicazione n. 14). Successivamente è stato sviluppato un attuatore in SMA con controllo retroazionato con effetto sensore intrinseco della lega (pubblicazione n. 31).

4. Robotica

Sono state sviluppate attività teoriche e sperimentali per lo studio degli effetti della flessibilità dei componenti strutturali di robot, ai fini del controllo delle traiettorie e della precisione di posizionamento. Tale attività è stata sviluppata con tre obiettivi:

- modellazione accurata della dinamica del sistema meccanico e sua interazione con il sistema di controllo (pubblicazione n. 4);
- definizione di tecniche di azionamento adatte a limitare l'ampiezza delle oscillazioni durante il movimento ed il tempo di stabilizzazione in posa (pubblicazioni n. 1, 2, 3, 5, 7, 25).
- verifica delle possibilità di impiego delle soluzioni messe a punto in applicazioni di robotica industriale (pubblicazioni n. 6, 9).

È stata proposta una procedura di valutazione delle prestazioni di un robot basata su un indice di qualità (pubblicazione n. 8).

Sono stati progettati e realizzati un manipolatore a 3 gdl a struttura parallela azionato da SMA con controllo di posizione retroazionato con sensori resistivi (pubblicazioni n. 24, 29). È stata sviluppata una pinza di presa a 2 gdl azionata con attuatori in leghe a memoria di forma (pubblicazione n. 20). È stato sviluppato un manipolatore parallelo a 3 gdl con controllo retroazionato mediante effetto sensore intrinseco delle leghe a memoria di forma (pubblicazione n. 34).

È stato sviluppato un dispositivo per la raccolta automatizzata di arance (pubblicazione n. 47).

5. Bioingegneria

È stato progettato e realizzato un robot antropomorfo a 2 gdl per la riabilitazione dell'arto superiore, azionato da muscoli pneumatici con controllo retroazionato di posizione in logica fuzzy (pubblicazioni n. 13, 15, 23, 38, 40). È stata progettata e realizzata una ortesi per arto inferiore azionata da muscoli pneumatici (pubblicazioni n. 28, 36). È stata progettata e realizzata una ortesi per arto superiore con 4 gradi di libertà azionata da muscoli pneumatici (pubblicazioni n. 39, 44).

È stato intrapreso un programma di ricerca volto allo sviluppo di tecnologie per dispositivi amplificatori di forza utili sia in dispositivi di ausilio per disabili che in sistemi dedicati a non disabili. L'idea è quella di sviluppare sistemi robotici da "indossare" che siano in grado di rilevare l'intenzione dell'utilizzatore e di aiutarlo nei compiti da eseguire. Un tale tipo di sistema deve essere in grado di interagire da una parte con l'utilizzatore e dall'altra con l'ambiente. In dispositivi di questo tipo i tradizionali controlli come il controllo di posizione o il controllo di forza non sono utilizzabili dato che il controllo di posizione non permetterebbe all'utilizzatore di "sentire" le forze che l'intero sistema applica sull'ambiente ed il controllo di forza potrebbe non essere sufficiente a far superare eventuali ostacoli esterni imprevisti. Un tipo di controllo, documentato in letteratura scientifica, per compiti in cui un robot debba interagire con l'ambiente, è il controllo dell'impedenza meccanica. Nel controllo dell'impedenza meccanica vengono applicate forze all'oggetto da movimentare e viene osservata l'evoluzione cinematica che ne deriva. Un algoritmo utilizzato per le macchine autonome è quello di controllare l'impedenza della macchina che attua i movimenti in senso inversamente proporzionale all'impedenza meccanica dell'ambiente. In questo modo la macchina opera come opera normalmente un uomo. Se, ad esempio, un uomo pratica un foro in un muro con un trapano, se il trapano penetra veloce, l'uomo frena (aumenta l'impedenza del proprio braccio). Se il trapano incontra resistenza, l'uomo rilascia completamente il proprio braccio riducendo la impedenza meccanica (anzi preme più forte). In questo caso ciò che avviene è proprio applicare una forza ed osservare l'evoluzione in termini di velocità ed adattare l'impedenza del sistema che lavora al riferimento di velocità. Per i dispositivi di cui sopra si è pensato allora di sviluppare un controllo ispirato al controllo di impedenza meccanica. Nel caso di interesse però la macchina non è autonoma dato che c'è anche la presenza dell'utilizzatore. Si è pensato ad un sistema di controllo in cui l'utilizzatore sia elemento centrale del controllo. L'utilizzatore definirà i riferimenti per le forze da applicare e delle velocità con cui il sistema deve muoversi. Egli verificherà l'evoluzione cinematica con i propri sistemi sensoriali visivo e propriocettivo mentre la macchina applicherà e controllerà le forze. Le forze saranno rilevate dal sistema attraverso sensori interposti tra utilizzatore e macchina. Allo scopo di verificare le problematiche di interazione uomo-macchina-ambiente, sono stati sviluppati due prototipi di robot ad 1 GDL, uno con motore elettrico ed uno con attuatore a cilindro pneumatico, nei quali è stato implementato un sistema di controllo sviluppato sulla base delle idee descritte. Sono stati evitati i sensori per la retroazione del controllo delle forze applicate sull'ambiente grazie all'utilizzo di sistemi di azionamento in grado di fare essi stessi un controllo di forza per un dato riferimento. Nel prototipo con motore elettrico è stato utilizzato un azionamento a trasconduttanza mentre in quello con attuatore pneumatico è stata utilizzata una valvola proporzionale in pressione. Il risultato è quello di aver ottenuto un sistema che risponde alle specifiche volute con una architettura hardware semplice. Entrambi i prototipi sono in grado di assecondare l'utilizzatore nella sua volontà. È possibile

movimentare carichi elevati mentre l'utente avverte sempre una frazione (costante) del carico. In questo modo si ha un ritorno della forza di interazione con l'ambiente. È possibile movimentare carichi elevati con estrema precisione. Attualmente lo studio va avanti con una completa caratterizzazione sperimentale dell'intero sistema uomo macchina. È previsto un piano di prove in cui l'utente viene chiamato a movimentare carichi seguendo una determinata traiettoria. La macchina sarà tanto migliore quanto più l'utente riuscirà a seguire una traiettoria variabile con elevata frequenza trasportando un carico elevato. Sempre nell'ambito di questo programma di ricerca è stato progettato e realizzato un esoscheletro amplificatore di forza per ausilio alla deambulazione con 10 GDL di cui 4 motorizzati. Questo sistema consiste in un dispositivo esoscheletrico dotato di un busto, un bacino e due gambe. Può essere indossato dall'utente e sarà dotato di un sistema di controllo con le caratteristiche sopra descritte. Al momento si sta lavorando all'implementazione degli impianti funzionali (elettrico e pneumatico) e si sta lavorando ad una procedura per l'implementazione di leggi per il movimento di deambulazione. È prevista una integrazione del sistema, mediante attacchi rapidi, con un dispositivo di supporto su tapis roulant. In questo caso il dispositivo potrà essere utilizzato sia come macchina per la riabilitazione alla deambulazione in postura eretta sia, una volta separato dalla struttura, come dispositivo per ausilio alla deambulazione.

Sulla base di un prototipo sviluppato precedentemente, è stata progettata e realizzata una ortesi attiva per arto inferiore azionata da muscoli pneumatici in cui si fa uso di un sensore elettropneumatico (appositamente sviluppato) per il rilievo della intenzione dell'utente e per il controllo del dispositivo (pubblicazione n. 43). In questo prototipo è stata implementata, con risultati molto incoraggianti, una strategia di controllo basata sulle specifiche e soluzioni sopra descritte (pubblicazioni n. 43, 48).

Sempre nell'ambito dell'attività di ricerca riguardante la bioingegneria, è stato progettato e realizzato un corsetto pneumatico per la distrazione del rachide (pubblicazione n. 45).

6. Microsistemi

È stato affrontato un nuovo argomento di indagine nel campo dei microsistemi (pubblicazione n. 42). È stata progettata e realizzata una micropinza in silicio con attuatori in leghe a memoria di forma. Il dispositivo è realizzato in un sol pezzo che assolve sia alle funzioni strutturali che di guida del moto relativo delle varie parti mediante l'utilizzo di elementi ad elasticità distribuita. Ha dimensioni di ingombro di 21 mm x 7.2 mm x 1 mm ed è stato realizzato mediante microtaglio mediante laser a vapori di rame. Questa tecnologia permette precisioni di taglio fino a 5 µm su wafer dello spessore di 1 mm. Per quanto riguarda il movimento, sulla base di esperienze di ricerca precedenti, sono stati utilizzati, come attuatori, fili in leghe a memoria di forma del diametro di 37 µm. La micropinza presenta un campo di presa che va da 200 µm a 500 µm (pubblicazione n. 46). Successivamente il dispositivo è stato strumentato, a livello delle dita, con microestensimetri al fine del monitoraggio in tempo reale delle condizioni di presa. Attualmente il dispositivo è in fase di completa caratterizzazione sperimentale.

PARTECIPAZIONE A CONVENZIONI DI RICERCA CON ENTI PUBBLICI E PRIVATI

Partecipazione alle seguenti convenzioni stipulate tra il Dipartimento di Energetica Università di L'Aquila e le

relative aziende:

- ?convenzione con la FAMECCANICA DATA S.p.A. per lo *studio di rotori ad elevata rigidità per processi di saldatura non convenzionale di materiali sintetici.*
- ?convenzione con la ITALFLUID GEOENERGY S.p.A. per lo *studio ed ottimizzazione di elementi componenti di impianti petroliferi.*
- ?convenzione con la ALENIA SPAZIO S.p.A. per lo *studio teorico, modellazione numerica e caratterizzazione sperimentale di materiali compositi a struttura triassiale.*

Partecipazione al PRIN 2003 dal titolo ?Sviluppo di dispositivi per la raccolta di prodotti a forte vocazione territoriale: zafferano, lenticchie e agrumi? Coordinatore nazionale Prof. Guido Belforte.

Partecipazione alla convenzione

stipulata tra il Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale Università di L'Aquila e l'azienda PROCTER & GAMBLE s.p.a. per lo sviluppo di modelli per la simulazione del comportamento di tessuti intorno a strutture rigide, responsabile scientifico prof. Walter D'Ambrogio.

Responsabile operativo per le seguenti convenzioni

(responsabile scientifico prof. Pierluigi B. Zobel) stipulate tra il Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale Università di L'Aquila e le relative aziende:

- ?convenzione con la COSTRUZIONI MECCANICHE s.a.s. per la *progettazione e realizzazione di un esoscheletro amplificatore di forza per ausilio alla deambulazione.*
- ?convenzione con la CEIE CLAMPS srl dal titolo *studio e progettazione di un Distanziatore Smorzatore per conduttori in alluminio acciaio trinati.*

?convenzione con la ELIABRUZZO srl dal titolo

sviluppo e progettazione di una sega aerea per la manutenzione di linee elettriche aeree.

Responsabile scientifico per la convenzione stipulata tra il Dipartimento di Ingegneria Meccanica Energetica e Gestionale Università dell'Aquila e l'azienda ISVIP SYSTEM s.r.l. dal titolo *sviluppo di attuatori innovativi in leghe a memoria di forma per la climatizzazione degli ambienti abitativi.*

BORSE DI STUDIO

Aprile 1995 vincita di una **borsa di studio**

di perfezionamento all'estero in Ingegneria della durata di sei mesi offerta dalla fondazione Ferdinando Filauro con sede presso l'Università de L'Aquila.

Febbraio 1997 vincita di una **borsa di studio**

della durata di nove mesi assegnata dal Consorzio Parco Scientifico e Tecnologico d'Abruzzo per il *Programma dimostrativo di Start-up Impianto pilota per l'automazione integrata di fabbrica.*

PARTECIPAZIONE A CONGRESSI E CONVEGNI

Febbraio 1995 partecipazione al **congresso internazionale**

IATED Modelling Identification and Control in Innsbruck, Austria, presentando il lavoro [6]: *Self-tuning of a preshaping input method for vibration control of flexible structures.*

Marzo 1995 presentazione di un **seminario**

presso il Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali dell' universita' degli studi di Firenze presentando la memoria dal titolo:

Il miglioramento della qualita' dei robot attraverso il controllo della flessibilita' strutturale.

Ottobre 1997 partecipazione al **workshop** *Opportunità competitive offerte dalla Modellazione Solida* organizzato dal Parco Scientifico e Tecnologico d'Abruzzo, presentando la memoria dal titolo:

Integrazione delle fasi nella progettazione meccanica.

Ottobre 1999 partecipazione al XIV **congresso nazionale**

AIMETA ? Como, presentando la memoria [17] dal titolo:

Una metodologia di progetto di attuatori a muscolo pneumatico.

Novembre 1999 partecipazione al IV **congresso internazionale**

JHPS ? Tokyo, presentando la memoria [18] dal titolo:

Numerical Modelling and Experimental Validation of a Pneumatic Muscle Actuator.

Giugno 2000 partecipazione al **convegno**

?L'innovazione in Abruzzo: un'opportunità per crescere? - Pescara, presentando la memoria dal titolo:

Sistema di pallettizzazione/depallettizzazione di tazze per il forno di ceramizzazione.

Maggio 2001 partecipazione al 10th **International Workshop** on ROBOTICS IN ALPE ? ADRIA - DANUBE REGION, Vienna, presentando la memoria [25] dal titolo: *The Design of a 2-dof Robot for Functional Recovery Therapy Driven by Pneumatic Muscles*.
Ottobre 2001 partecipazione al **seminario** ?Automazione e Robotica: esperienze industriali e universitarie a confronto?, L?Aquila, presentando la memoria dal titolo: *Soluzioni innovative per la robotica e l?automazione*.

Novembre 2002, partecipazione al 5°**congresso internazionale** JFPS ? Nara, Japan, presentando la memoria [39] dal titolo: *Fatigue Characteristics of Pneumatic Muscles With Axial Threads*.

Marzo 2004, partecipazione al 2°**congresso internazionale** CWUAAT ? Cambridge UK, presentando la memoria [46] dal titolo: *Powered Lower Limb Orthosis for Assisting Standing Up and Sitting Down Movements*.

Giugno 2004, partecipazione al 3°**congresso internazionale** FPNI ? PhD Symposium on Fluid Power, Terrassa, Spain, presentando la memoria [47] dal titolo: *A 4 d.o.f. Upper Limb Orthosis driven by Pneumatic Muscles*.

Ottobre 2004, partecipazione al **congresso internazionale** SMST2004 ? Baden Baden, Germany, presentando il poster [49] dal titolo: *Silicon Microgripper actuated by SMA wires*.

Marzo 2005, partecipazione all?evento **settimana della cultura scientifica**, L?Aquila presentando la memoria dal titolo *Il ruolo dell?ingegneria nel settore biomedicale*.

PARTECIPAZIONE AD EVENTI E PROGETTI IN AMBITO SCIENTIFICO INTERNAZIONALE

Dal 1999 al 2001 è stato **componente del Comitato Organizzatore**, di cui è stato presidente il prof. T. Raparelli, del 2000 AIMETA INTERNATIONAL TRIBOLOGY CONFERENCE, primo congresso internazionale della sezione di tribologia dell?AIMETA, che si è tenuto a L?Aquila dal 20 al 22 settembre 2000.

Novembre 2002: partecipazione al 5th JFPS international congress ? Nara, Japan, come **chairman** nella technical session ?Flow-Rate Characteristics (Pneumatics)?.

Primo ricercatore nell?ambito del progetto *Applied Research and Education in Bioengineering* ? A Research and Education project by Region Abruzzo of Italy during the years 2004-2006, la cui attività è documentata nell?omonimo libro in cui sono riportate le pubblicazioni [57]-[63].

RICONOSCIMENTI IN AMBITO SCIENTIFICO INTERNAZIONALE

Luglio 2004: **premio ?Mention Paper?**

nell'ambito del congresso internazionale 3rd FPNI PhD Symposium on Fluid Power, Terrassa, Spain, presentando la memoria [47] dal titolo *A 4 d.o.f. Upper Limb Orthosis Driven by Pneumatic Muscles*.

Brevetti

F. Durante, W. D'Ambrogio, **Sega alternativa con tenditore dinamico a molla e massa sospesa**. *Brevetto AQ2003A000002 depositato presso la Camera di Commercio industria artigianato e agricoltura dell'Aquila, L'Aquila 20.02.2003.*

F. Durante, T. Raparelli, P. Beomonte Zobel. **Esoscheletro amplificatore di forza per riabilitazione motoria e ausilio alla deambulazione**. *Brevetto AQ2006A000015 depositato presso la Camera di Commercio industria artigianato e agricoltura dell'Aquila, L'Aquila 05.09.2006.*

F. Durante, T. Raparelli, P. Beomonte Zobel. **Esoscheletro amplificatore di forza**. *Brevetto AQ2006A000013 depositato presso la Camera di Commercio industria artigianato e agricoltura dell'Aquila, L'Aquila 05.09.2006.*

F. Durante, T. Raparelli, P. Beomonte Zobel. **Esoscheletro amplificatore di forza per ausilio alla deambulazione**. *Brevetto AQ2006A000014 depositato presso la Camera di Commercio industria artigianato e agricoltura dell'Aquila, L'Aquila 05.09.2006.*

ATTIVITÀ DIDATTICA

Supporto didattico per il corso di Costruzione di Macchine Automatiche e Robot per allievi ingegneri meccanici presso l'Università de L'Aquila negli anni accademici 93-94 e 96-97 tenendo un modulo di lezioni sulla modellazione tridimensionale in ambiente CAD.

Docenza in *progettazione meccanica e progettazione assistita da calcolatore*

nell'ambito di corsi di formazione professionale rivolti ad ingegneri presso la società A.D.A.s.r.l. de L'Aquila negli anni 95 e 96.

Docenza in *meccanica* nell'ambito di corsi IFTS organizzati presso l'Istituto Tecnico Industriale di L'Aquila nell'anno 01.

Esercitazioni didattiche come esercitatore unico nel corso di Meccanica Applicata alle Macchine nell'anno accademico 00-01 presso l'Università de L'Aquila.

Esercitazioni didattiche come esercitatore unico nei corsi di Fondamenti di Meccanica Applicata, Meccanica Applicata alle Macchine e Dispositivi e Sistemi Meccanici nell'anno accademico 01-02 presso l'Università di L'Aquila.

Esercitazioni didattiche come esercitatore ufficiale nei corsi di Meccanica Applicata alle Macchine negli anni accademici dall'a.a. 02-03 presso l'Università di L'Aquila.

Docenza del corso in affidamento di *PROGETTAZIONE MECCANICA FUNZIONALE*, lauree specialistiche in: Progettazione e Sviluppo del Prodotto Industriale, Ingegneria dei Sistemi Energetici, Ingegneria Elettrica, Ingegneria Modellistica Fisico Matematica per l'Ingegneria, Università di L'Aquila, dall'a.a. 04-05.

Correlatore nei seguenti lavori di **tesi di laurea**:

1. Progetto e verifica delle prestazioni di un braccio di robot caratterizzato da flessibilità strutturale. Dip. di Energetica - Università de L'Aquila, a.a. 95-96.
2. Analisi numeriche e sperimentali del comportamento strutturale di materiali compositi a geometria triassiale. Dip. di Energetica - Università de L'Aquila, a.a. 95-96.
3. Sviluppo di un sistema di manipolazione con attuatori a memoria di forma. Dip. di Energetica - Università de L'Aquila, a.a. 98-99.
4. Dispositivo di presa con attuatori a memoria di forma. Dip. di Energetica - Università de L'Aquila, a.a. 98-99.
5. Braccio articolato con muscoli pneumatici. Dip. di Energetica - Università de L'Aquila, a.a. 98-99.

6. Progetto, realizzazione e verifica di un sistema di controllo qualità di componenti a tenuta. Dip. di Energetica - Università de L'Aquila, a.a. 98-99.
7. Controllo fuzzy di una macchina pneumatica per riabilitazione. Dip. di Energetica - Università de L'Aquila, a.a. 99-00.
8. Analisi tensionale e funzionale di un busto ortopedico rigido. Dip. di Energetica - Università de L'Aquila, a.a. 99-00.
9. Sviluppo del controllo di posizione di attuatori a memoria di forma. Dip. di Energetica - Università de L'Aquila, a.a. 99-00.
10. Modellazione numerica e validazione sperimentale di un attuatore a muscolo pneumatico. Dip. di Energetica - Università de L'Aquila, a.a. 99-00.
11. Progetto e realizzazione di un manipolatore parallelo con attuatori in lega a memoria di forma. Dip. di Energetica - Università de L'Aquila, a.a. 00-01.
12. Sviluppo di una stazione controllo qualità di radiatori da riscaldamento. Dip. di Energetica - Università de L'Aquila, a.a. 00-01.
13. Progettazione, realizzazione e caratterizzazione di una valvola pneumatica con comando a bassa potenza. Dip. di Energetica - Università de L'Aquila, a.a. 00-01.
14. Sviluppo di una ortesi di ginocchio con attuatori a muscolo pneumatico. Dip. Energetica ? Università de L'Aquila, a.a. 00-01.
15. Caratterizzazione di semi e progetto di un dispositivo di semina a spaglio per lenticchie, ceci e cicerchie. DIMEG ? Università di L'Aquila, a.a. 03-04.
16. Analisi della stabilità della deambulazione di modelli meccanici semplificati. DIMEG ? Università di L'Aquila, a.a. 03-04.
17. Progettazione funzionale di un azionamento per una sega a filo con tenditore dinamico. DIMEG ? Università di L'Aquila, a.a. 03-04.
18. L'Automazione nella raccolta dello zafferano. DIMEG ? Università di L'Aquila, a.a. 04-05.

19. Progettazione di un dispositivo di massaggio ad azionamento pneumatico. DIMEG ? Università di L'Aquila, a.a. 04-05.

20. Sviluppo di un giunto di ginocchio per ortesi di arto inferiore. DIMEG ? Università L'Aquila, a.a. 04-05.

21. Sulla modellazione di un attuatore in lega a memoria di forma. DIMEG ? Università di L'Aquila, a.a. 04-05.

Relatore nei seguenti lavori di tesi di laurea:

22. Progetto e realizzazione di una ortesi di arto superiore con attuatori a muscolo pneumatico. Dip. Energetica ? Università di L'Aquila, a.a. 01-02

23. Sviluppo di un attuatore a muscolo pneumatico in lattice. Dip. Energetica ? Università di L'Aquila, a.a. 01-02

24. Ottimizzazione strutturale e controllo di una ortesi attiva di arto inferiore. Dip. Energetica ? Università de L'Aquila, a.a. 02-03

25. Progetto e realizzazione di una micropinza in silicio con attuatori a memoria di forma. Dip. Energetica ? Università de L'Aquila, a.a. 02-03

26. Progetto e sperimentazione di un esoscheletro amplificatore di forza. Dip. Energetica ? Università de L'Aquila, a.a. 03-04.

27. Sviluppo di un Esoscheletro Amplificatore di Forza per Ausilio alla Deambulazione. DIMEG - Università di L'Aquila, a.a. 03-04.

28. Sviluppo di una ortesi attiva di arto inferiore a struttura leggera. DIMEG - Università di L'Aquila, a.a. 04-05.

29. Sviluppo di un sistema per la riabilitazione motoria alla deambulazione con movimenti fisiologici in postura eretta. DIMEG ? Università di L'Aquila a.a. 04-05.

30. Sviluppo di uno scanner 3D con sensore laser a tempo di volo. DIMEG - Università di L'Aquila, a.a. 04-05.

31. Progettazione di una ortesi attiva di arto superiore a sei gradi di libertà con attuatori a muscolo pneumatico. DIMEG - Università di L'Aquila, a.a. 04-05.
32. Sviluppo di un dispositivo con leghe a memoria di forma per la movimentazione di pale frangisole. DIMEG- Università di L'Aquila, a.a. 06-07.
33. Sviluppo di un modello virtuale multibody di colonna vertebrale umana per simulazioni cinematiche e dinamiche. DIMEG- Università di L'Aquila, a.a. 06-07.
34. Realizzazione e prove funzionali di ortesi attiva di arto inferiore a struttura leggera. DIMEG - Università di L'Aquila, a.a. 06-07.
35. Sviluppo di un evacuatore di fumo e calore con azionamento ad elementi elastici. DIMEG - Università di L'Aquila, a.a. 07-08.

Relatore nei seguenti lavori di tesi di Dottorato di Ricerca:

1. L. Auriti, Tecniche di controllo per dispositivi esoscheletrici amplificatori di forza. Dottorato di ricerca in Ingegneria Meccanica e Gestionale XX ciclo, Università dell'Aquila.
2. N. Koceska, Sistema per riabilitazione motoria alla deambulazione in postura eretta. Dottorato di ricerca in Ingegneria Meccanica e Gestionale XI ciclo, Università dell'Aquila.
3. S. Koceski, Sistema per navigazione automatica con laser scanner a tempo di volo. Dottorato di ricerca in Ingegneria Meccanica e Gestionale XI ciclo, Università dell'Aquila

Membro di commissione d'esame presso l'Università di L'Aquila per le seguenti discipline:

- ?Disegno Industriale, a.a 96-97;
- ?Costruzione di Macchine Automatiche e Robot, a.a. 96-97, 97-98;
- ?Automazione a Fluido, dall'a.a. 99-00 all'a.a. 07-08;
- ?Meccanica Applicata alle Macchine, dall'a.a. 01-02;
- ? Dispositivi e Sistemi Meccanici, dall'a.a. 01-02, all'a.a. 03-04;
- ? Progettazione Meccanica Funzionale dall'a.a. 04-05;
- ? Meccanica delle Vibrazioni dall'a.a. 04-05 all'a.a. 07-08.

Membro di commissione per gli esami di stato per l'abilitazione alla professione di ingegnere presso l'Università di L'Aquila, nelle sessioni degli anni 2004, 2010 e 2017