

Parte I : Obiettivi, risorse e gestione del Dipartimento

Sezione A – Obiettivi di ricerca del Dipartimento

QUADRO A.1: Dichiarazione degli obiettivi di ricerca da parte del Dipartimento

ALLEGATO: Dettaglio delle competenze

Il raggiungimento degli obiettivi di ricerca del DIMEAS si persegue con un presidio e una coerente copertura di varie aree tematiche nei tre principali ambiti della meccanica, dell'aerospazio e della bioingegneria evidenziate da dettaglio delle competenze come segue.

Tecnologie, sistemi e progettazione di veicoli aerospaziali

- Progettazione di velivoli e di veicoli aeronautici: progettazione di aeromobili; progettazione di piattaforme non pilotate ad energia solare per il volo a quota stratosferica e di lunga autonomia per impieghi di telerilevamento e di sicurezza del territorio; progettazione realizzazione e prove di volo su velivoli e piattaforme elettriche a celle a combustibile a idrogeno; progettazione di UAV di piccole dimensioni, ad energia solare; . progettazione di soluzioni alternative per il trasporto aereo urbano e tilt-rotor; progettazione di strutture inflatable. Progettazione di veicoli aerospaziali: sviluppo di micro e nano satelliti.
- Strutture e materiali per l'aerospazio: modellazione, simulazione numerica, progettazione e sperimentazione del comportamento di strutture composite multistrato e sandwich per applicazioni aeronautiche e aerospaziali. Modelli avanzati per analisi multicampo. Meccanica dei materiali avanzati come piezoelettrici per l'attuazione e sistemi di acquisizione, shape memory alloys e applicazioni a strutture morphing. Ottimizzazione strutturale probabilistica. Sviluppo di tecnologie per migliorare l'assorbimento energetico di strutture in composito multistrato e sandwich. Modelli avanzati per meccanica della frattura e NDT per individuazione di danneggiamento. Verifica numerica e sperimentale del comportamento di strutture composite in dinamica e sollecitate a carichi impulsivi. Aeroelasticità; flutter di superfici portanti, modellizzazione dei fenomeni di divergenza e panel flutter di lanciatori. Modelli avanzati per la dinamica dei rotori e studio dei relativi fenomeni aeroelastici.
- Dinamica e stabilità del volo: aeromeccanica, dinamica e controllo del volo di sistemi aerospaziali; sviluppo di autopiloti e logiche di controllo; qualità di volo degli aeromobili ad ala fissa e rotante; piattaforme LTA innovative; Virtual Air Data Systems; simulatori di volo a basso costo ed elevata affidabilità.
- Profili di missione: progettazione integrata di missioni e di sistemi aerospaziali; analisi e sviluppo dei requisiti di missione; esplorazione spaziale umana e robotica. Analisi di traiettorie spaziali: sviluppo di metodi di ottimizzazione di traiettorie spaziali e di ascesa in orbita, ottimizzazione integrata di traiettoria e sistema propulsivo.
- Sistemi e impianti: sviluppo e verifica di metodi e tecnologie per sistemi di guida, navigazione e controllo di piattaforme aerospaziali. Studio e integrazione delle caratteristiche RAMST nel progetto dei sistemi aeronautici e aerospaziali complessi. Sistemi di generazione di energia e suo uso razionale nel settore aerospaziale. Tecnologie innovative per impianti ed equipaggiamenti di bordo dei velivoli. Studio e definizione di architetture per comandi di volo, per applicazioni ad ala fissa e rotante. Definizione e sviluppo di algoritmi di monitoraggio, analisi dello stato di salute e predizione della vita futura di servovalvole e servo-attuatori elettroidraulici e elettromeccanici.
- Fluidodinamica: aerogasdinamica teorica, numerica e sperimentale; interazione fluido-struttura; fluidodinamica delle grandi masse e fisica del plasma; metodologie innovative di fluidodinamiche numerica e sperimentale; instabilità e turbolenza nei fluidi; aeroacustica; sviluppo di metodologie numeriche per la simulazione termica e aeroelastica di flussi interni ed esterni dei sistemi di propulsione e relativo controllo. Fluidodinamica ambientale: teoria delle reti complesse applicata alla dinamica climatica e della turbolenza;
- Formazione di pattern spaziali nei sistemi eco-idrodinamici di trasporto e diffusione.

- Propulsione aerospaziale: sistemi per la propulsione aeronautica e spaziale; analisi delle prestazioni dei motori per applicazioni aerospaziali, ottimizzazione e sperimentazione; aerotermodinamica della propulsione, combustione ed instabilità di combustione; ottimizzazione multidisciplinare di endoreattori; sviluppo di metodologie numeriche per la simulazione termica, aero-elastica di flussi interni ed esterni e per il loro controllo. Health management di propulsori aeronautici.
- Progettazione e costruzione di turbomacchine: modellazione, simulazione del comportamento termo-meccanico dei sistemi aerospaziali e propulsivi; dinamica nonlineare di schiere palettate dei dischi di turbina, con smorzatori ad attrito. Mistuning in dischi di turbina. Algoritmi di calcolo di temperatura e sollecitazioni nel motore in tempo reale. Misura di tensioni residue in componenti di motori aeronautici.

Tecnologie, sistemi e progettazione di veicoli terrestri

- Dinamica del veicolo: analisi e valutazioni delle prestazioni, del comfort, dell'affidabilità e dei consumi del veicolo. Sviluppo di sistemi innovativi di sospensione, di sterzata, della linea di trasmissione. Sistemi di stabilizzazione del veicolo in curva e in marcia.
- Sistemi di controllo applicati alla dinamica e alle funzioni del veicolo. Sistemi di sicurezza attiva, di frenatura attivi e passivi. Servosistemi e sistemi mecatronici applicati al motopropulsore: variatore di fase, cam-changing, distribuzione e trasmissione ausiliari. Sistemi e tecnologie di propulsione ibrida per autoveicoli.
- Progettazione dell'autoveicolo: modellazione del comportamento strutturale statico, dinamico e a impatto delle strutture del veicolo, tramite approcci numerici basati sul metodo degli elementi finiti (FEA) e sul metodo dei corpi rigidi (multi-body analysis). Prove sperimentali su elementi strutturali, in condizioni di carico statiche, dinamiche e di impatto. Progettazione della scocca per il suo alleggerimento, con particolare attenzione alle soluzioni con materiali compositi, con leghe leggere e alle soluzioni ibride, con utilizzo delle giunzioni incollate. Miniveicoli e veicoli speciali.
- Ergonomia dei processi produttivi: analisi ergonomica dei sistemi di lavoro in ambiente virtuale, modelli e misure sperimentali per la valutazione del carico fisico di lavoro, metodi e strumenti di valutazione del rischio da sovraccarico biomeccanico in attività di lavoro, lavoro cooperativo uomo robot.
- Progettazione di macchine da lavoro e di sollevatori telescopici: tecnologia ibrida elettro-termo-idraulica, sviluppo di macchine da lavoro con linea di trasmissione ad alimentazione ibrida, sistemi di accumulo, integrazione e sensorizzazione delle funzioni, con impiego di soluzioni hardware in the loop.
- Componenti di motori alternativi: analisi numerica strutturale-vibrazionale-acustica e termomeccanica di componenti per la predizione delle condizioni di danneggiamento a fatica e a fatica termomeccanica con stima della vita residua.
- Sistemi ferroviari: studio di soluzioni innovative nell'ambito di sistemi, veicoli e componenti per il trasporto ferroviario; dinamica dei veicoli ferroviari e sviluppo di sistemi informativi, di monitoraggio e di controllo per il miglioramento della sicurezza e del comfort dei veicoli.
- Mobilità sostenibile e veicoli a propulsione umana: progettazione e costruzione di veicoli a pedale reclinati e velomobili da trasporto urbano e turismo. Veicoli a propulsione animale.

Automazione, robotica e mecatronica

- Componenti e sistemi a fluido: automazione a fluido, analisi e progettazione di valvole digitali e proporzionali a fluido comprimibile, analisi e progettazione di valvole digitali e proporzionali idrauliche, analisi elettromagnetica di solenoidi e torque motor, analisi fluidodinamica, modellazione e sperimentazione; sensori a fluido; supporti a fluido comprimibile.
- Meccatronica: modellazione e simulazione di servosistemi meccanici/ fluidici/ elettrici/ elettronici integrati, con studio e definizione delle architetture di sistema. Sviluppo di tecniche di controllo di sistemi meccanici.

- Sistemi meccatronici: sviluppo di tecnologie di sospensione e controllo attivo delle macchine rotanti di tipo magnetico. Cuscinetti magnetici attivi. Sospensioni elettromeccaniche attive, semi-attive, passive con accoppiamento elettromeccanico e senza contatto. Sistemi ad azionamento elettromeccanico lineari. Attuatori elettro-idro-statici. Modellazione dell'accoppiamento e della conversione di energia. Progettazione e costruzione di prototipi e banchi prova.
- Robotica: progettazione di componenti e sistemi automatici, di dispositivi di attuazione robotizzati innovativi, analisi e sviluppo di dispositivi e sistemi robotici ad architettura seriale e parallela, in applicazioni spaziali e biomeccaniche, analisi e progettazione di robot mobili ruotati, sistemi di motion capture e modellazione cinematica e dinamica per applicazioni biomeccaniche. Progettazione di prototipi e di banchi prova.

Monitoraggio, diagnostica e prognostica dei sistemi

- Sviluppo di tecniche di analisi modale e identificazione sperimentale di sistemi dinamici lineari e non lineari
- Diagnostica predittiva e monitoraggio di dispositivi, cuscinetti, sistemi rotanti e trasmissioni di potenza; diagnostica predittiva e monitoraggio di infrastrutture
- Prognostica: definizione e sviluppo di algoritmi di prognostica e di gestione dello stato di salute di servosistemi e di sistemi di trasmissione di potenza.

Micro e nanotecnologie

- Microsistemi elettromeccanici (MEMS): microsistemi elettromeccanici, studio, progettazione e caratterizzazione di microsistemi e micro sensori, sviluppo di nuove tecnologie per la progettazione, attraverso modellazione numerica dei problemi accoppiati in ambiente multi fisico (campo elettrico, magnetico, fluidico, strutturale). Metodologie per la caratterizzazione e la sperimentazione dei microsistemi, dei materiali in microscala e dei fenomeni di danneggiamento a usura, fatica e frattura. Tecniche di recupero di energia da vibrazione e da altre fonti, in microscala.
- Micro-fluidica: sistemi fluidici digitali e proporzionali, micro-azionamenti a fluido, dispositivi di generazione di microbolle.

Organi di trasmissione

- Ingranaggi, trasmissioni ad attrito, analisi e ottimizzazione di accoppiamenti scanalati, danneggiamento in condizioni di esercizio, criteri e metodologie di progettazione. Prove sperimentali a banco per la caratterizzazione dello scanalato.
- Riduttori epicicloidali: analisi e ottimizzazione di ruote dentate e dell'ingranamento all'interno dei riduttori, con particolare valutazione a carichi di esercizio in applicazioni industriali, aeronautiche e navali.
- Cuscinetti e supporti meccanici: analisi delle condizioni di esercizio e calcolo della durata per applicazioni speciali, quali il settore nautico e siderurgico, ottimizzazione delle configurazioni.

Caratterizzazione del comportamento meccanico dei materiali e delle giunzioni

- Caratterizzazione dei materiali con prove al banco in condizioni di sollecitazioni statiche, a fatica e a impatto, analisi dei dati sperimentali su base statistica. Affidabilità strutturale.
- Fatica dei materiali: influenza di trattamenti e di eventuali difettosità sulle caratteristiche di resistenza, in particolare a fatica, di componenti meccanici. Analisi del comportamento a fatica oligociclica, ad alto e altissimo numero di cicli. Progettazione di banchi di prova dedicati applicabili a prove in microscala, in temperatura, per altissimo numero di cicli. Termografia applicata ai fenomeni di fatica ad elevato numero di cicli.
- Contatto e tribologia: analisi, modellazione e sperimentazione delle condizioni di contatto in condizioni di carico dinamico e di rotolamento. Analisi e predizione dell'usura. Caratterizzazione dei

materiali a fretting. Caratterizzazione e ottimizzazione delle guarnizioni in attuatori a fluido, modellazione e simulazione delle condizioni di usura e attrito, sperimentazione su banchi prova.

- Materiali funzionali e intelligenti: modellazione, analisi, progettazione di strutture equipaggiate con sensori e attuatori piezoelettrici; materiali a memoria di forma; comportamento dinamico in presenza di carichi meccanici ed elettromeccanici. Progettazione di strutture attive, per il controllo delle vibrazioni, per il recupero di energia da vibrazioni, per il monitoraggio del danneggiamento strutturale. Affidabilità e resistenza in esercizio dei materiali funzionali. Analisi del comportamento a frattura.
- Giunzioni incollate: stato di tensione, criteri di resistenza, comportamento sotto carichi impulsivi; giunzioni tradizionali e miste.
- Materiali viscoelastici e fonoassorbenti: identificazione e modellazione del comportamento in esercizio e delle proprietà meccaniche e fisiche. Studio di metodi numerici per il calcolo dello smorzamento e per l'ottimizzazione del ricoprimento viscoelastico di strutture per lo smorzamento delle vibrazioni o per funzione fonoassorbente.
- Materiali polimerici ad alte prestazioni per applicazioni a componenti meccanici e motoristici.

Tecnologie dei sistemi industriali di processo e per la conversione dell'energia

- Analisi e progettazione di dispositivi per lo sfruttamento delle fonti energetiche rinnovabili: progettazione di generatori eolici ad alta efficienza: aerodinamica, comportamento in esercizio e componenti strutturali; sistemi per il recupero di energia dal moto ondoso con ottimizzazione dell'architettura di sistema e dei dispositivi componenti.
- Equipaggiamenti e sistemi per l'industria siderurgica: modellazione multi-physics, simulazione e ottimizzazione del comportamento in esercizio di sistemi per lo sviluppo del processo siderurgico; analisi in esercizio, dinamica e controllo; progettazione e costruzione di macchine per la frantumazione del rottame, forni ad arco elettrico, linee di laminazione a caldo e a freddo, cesoie a tamburo e sistemi di formatura dei tubi.

Tecnologie computazionali e di modellazione per l'analisi, la progettazione e lo sviluppo prodotto

- Sviluppo del metodo degli elementi finiti per il calcolo strutturale statico, dinamico e a impatto, per l'ottimizzazione strutturale, per l'analisi di sistemi variamente accoppiati (eletto-termo-fluido-meccanici). Algoritmi di ottimizzazione topologica, con definizione delle variabili di forma per l'ottimizzazione della forma e la progettazione di componenti e di sistemi.
- Sviluppo del metodo del multi-body dynamics per lo studio di macchine, veicoli, robot ed equipaggiamenti industriali, per l'analisi dinamica e cinematica di corpo rigido e mista corpo rigido e flessibile.
- Metodi numerici integrati applicati all'analisi dei sistemi industriali con tecniche FEM, multi-body dynamics e multi-physics.
- Metodi numerici di simulazione nel dominio del tempo multi-physics di impianti, strutture, sistemi e dispositivi: sviluppo di modelli dinamici lineari e non lineari in ambienti di simulazione matematica general purpose con finalità di studio di sistemi di controllo in retroazione e di co-simulazione con altri ambienti di lavoro di tipo multi-body dynamics.
- Model Based Systems Engineering (MBSE): sviluppo di modelli rappresentativi funzionali e di meta-modelli per la definizione dei requisiti di sistemi complessi, per la comparazione tra architetture di sistema e la allocazione dei requisiti in componenti e funzioni del sistema. Adattamento del linguaggio SysML all'ambito manifatturiero. Integrazione e inter-operabilità degli strumenti di calcolo quantitativi (fisici) per la simulazione e l'analisi numerica dei sistemi meccanici e dei modelli funzionali (rappresentativi del Systems Engineering) attraverso codici.

Tecnologie per l'ingegneria biomeccanica e biomedica

- Ergonomia dei fattori umani: tolleranza dell'uomo alle vibrazioni, biomeccanica dei traumi.

- Costruzioni biomeccaniche: biomeccanica ortopedica e odontostomatologica, biomeccanica del pavimento pelvico; caratterizzazione meccanica di tessuti biologici alle diverse scale, caratterizzazione meccanica di sistemi biomeccanici costituiti da tessuto biologico e protesi/impianto/elemento di sintesi ad esso interfacciati. Materiali e rivestimenti innovativi per protesi e mezzi di osteosintesi.
- Ingegneria cellulare e tessutale per la medicina rigenerativa: tessuti ingegnerizzati in vitro, rigenerazione di tessuti in vivo, costrutti tessutali su supporti biorassorbibili, scaffold macroporosi per il rilascio di farmaci, polveri nanoporose e scaffold a porosità gerarchica per il rilascio di biomolecole scaffold iniettabili. Bioreattori dinamici per colture cellulari, bioreattori simulatori di organo. Funzionalizzazione superficiale di biomateriali inorganici. Applicazioni alla chirurgia ricostruttiva: cutanea, scheletrica, maxillo-facciale, oculare, cardiaca, vascolare, dell'apparato urinario. Agent Based model sul comportamento di cellule staminali tumorali. Modelli in silicio del trasporto di specie all'interno di scaffold per l'ingegneria dei tessuti. Modelli predittivi di colture cellulari in bioreattore.
- Modelli multiscale per la bioingegneria: relazioni fra l'attività di una molecola e la sua struttura (quantitative structure-activity relationships) o fra le proprietà di una molecola e la sua struttura (quantitative structure-properties relationships). Studio delle proprietà meccaniche di filamenti citoscheletrici e delle proteine associate. Studio dei processi di misfolding alla base di patologie degenerative del sistema nervoso centrale. Sviluppo di forcefield per la simulazione coarse grain di proteine e polimeri. Modellazione multiscale per la progettazione di polimeri per applicazioni biomediche (matrici polimeriche impiantabili o polimeri iniettabili).
- Progettazione molecolare di materiali a caratteristiche programmate. Bionanosistemi: nanodispositivi attivi, sensori per l'analisi dell'adesione di molecole biologiche su strutture a cantilever, studio dell'adesione di proteine a substrati funzionalizzati di superfici biomimetiche. Studio tramite modellazione multiscale delle proprietà meccaniche dell'osso e del rimodellamento osseo in condizioni fisiologiche e in caso di patologie e malattie rare. Modellazione multiscale della cartilagine articolare, tendini e legamenti
- Bio-fluidodinamica: modelli a parametri concentrati e multiscale per l'emodinamica cardiovascolare; dinamica dei flussi collassabili.
- Bioingegneria del sistema cardiovascolare: modelli multiscale della circolazione sanguigna; studio dell'effetto della emodinamica locale nella insorgenza e nella progressione di patologie della parete vascolare; modelli matematici di danneggiamento della parte corpuscolata del sangue in presenza di dispositivi cardiovascolari impiantabili; Modelli integrati per la predizione del rischio tromboembolico associato a patologie di parete e a dispositivi artificiali impiantabili; Modelli ibridi (in vivo e in silicio) di distretti del sistema cardiovascolare; studi in vivo dell'emodinamica locale nei grandi vasi mediante risonanza magnetica a contrasto di fase tridimensionale cinematografica, a fini diagnostici; messa a punto di indici emodinamici valutabili a partire da imaging clinico, a scopi diagnostici/prognostici; studi computazionali dell'emodinamica di protesi valvolari mediante applicazione di approcci di interazione fluido-struttura; studi in vitro della emodinamica di protesi valvolari mediante applicazione di tecniche anemometriche; sviluppo di strumenti per la progettazione di dispositivi impiantabili di tipo meccanico per il sistema cardiovascolare; ottimizzazione di connessioni chirurgiche; meccanica della valvola mitrale.
- Micro e nanosistemi bioispirati: nanoparticelle per il rilascio mirato di farmaco mediante targeting attivo e passivo. Dispositivi per il rilascio controllato di farmaci; materiali ibridi a bioattività fotoindotta; nano rivestimenti bioartificiali; nanoparticelle e nanovettori bioartificiali, nanocompositi per la medicina. Nanoparticelle per drug targeting magnetico e immunologico; polveri nanoporose per il rilascio controllato di farmaci e biomolecole; nanorivestimenti per protesi e dispositivi medici: rigenerazione delle ferite, protesi erniarie, stent cardiovascolari, protesi dentali e ortopediche con superfici nano strutturate.
- Biomeccanica del movimento: sviluppo di modelli biomeccanici del movimento umano basati su metodologie di analisi funzionale, protocolli di analisi del movimento umano mediante sistemi di motion capture marker/markerless e inerziali; biomeccanica in sport adattati tramite sviluppo di attrezzature e valutazione del gesto sportivo di soggetti disabili nella pratica di sport adattati; studio

delle sinergie muscolari per applicazioni in sistemi di interfaccia uomo-macchina, robotica, ergonomia.