

Innovare per migliorare la vita di domani

Ricerca e innovazione per la manifattura, i sistemi intelligenti e la robotica: le sedi CNR-STIIMA di Bari costituiscono un punto di riferimento per le aziende che vogliono guardare al futuro.

Innovazione • Manifattura • Robotica • Informatica

L'istituto

L'Istituto di Sistemi e Tecnologie Industriali Intelligenti per il Manifatturiero Avanzato si occupa di ricerca e innovazione per l'industria del futuro. L'obiettivo è aiutare le imprese a diventare più competitive, sostenibili e innovative, mettendo sempre al centro la qualità della vita delle persone, occupandosi di tecnologie intelligenti, nuovi prodotti e processi industriali e non, che si adattano ai cambiamenti della società e del mercato. Le sue attività di ricerca e sviluppo contribuiscono a rendere le aziende più moderne, efficienti e pronte alle sfide del domani.

Il CNR-STIIMA è nato nel 2018, ereditando l'esperienza dell'Istituto di Tecnologie Industriali e Automazione e arricchendosi di nuove competenze provenienti dall'Istituto di Studi sui Sistemi Intelligenti per l'Automazione di Bari e dalla sede di Biella dell'Istituto per lo Studio delle Macromolecole.

Oltre al suo forte legame con il mondo manifatturiero, il CNR-STIIMA si occupa anche di altri ambiti di grande utilità per la società, tra i quali:

- le tecnologie per ambienti intelligenti e per la vita assistita;

Istituto di Sistemi e Tecnologie Industriali Intelligenti per il Manifatturiero Avanzato

Dipartimento di Ingegneria, ICT e Tecnologie per l'Energia e i Trasporti

- l'inclusione sociale e lavorativa, con particolare attenzione alle categorie più deboli;

- la robotica applicata e i sistemi di controllo qualità per diversi settori (agroalimentare,

ferroviario, aerospazio, ecc.) che permettono di migliorare la produzione senza danneggiare i prodotti;

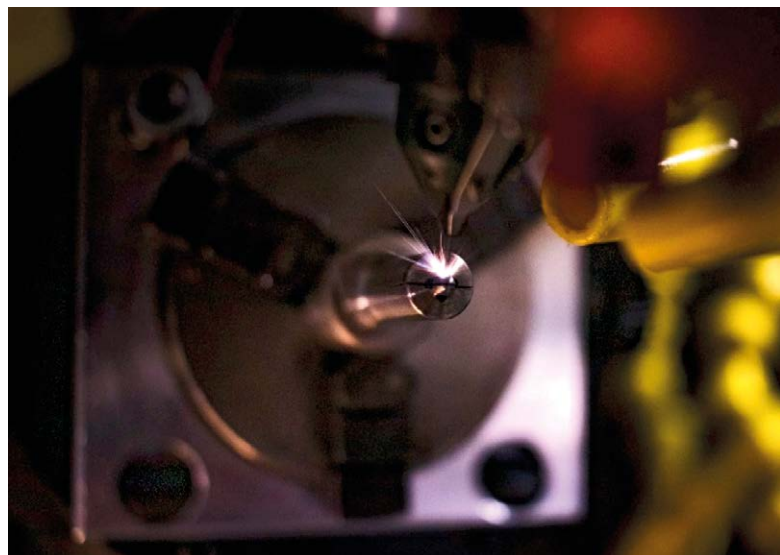
- l'informatica applicata a biologia ed ecologia, che sfrutta i dati per studiare la salute e l'ambiente, e all'economia circolare, per il riuso e il riciclo delle risorse;
- lo studio delle fibre naturali e sintetiche, per capire come funzionano e come possono essere trasformate e migliorate nei processi industriali.

L'Istituto ha la sede centrale a Milano e quattro sedi operative tra Lecco, Biella e Bari, oltre a quattro laboratori congiunti con le Università di Bergamo, Bologna, Brescia e Napoli. Sono due le sedi che operano a Bari e che svolgono attività di ricerca, trasferimento tecnologico e formazione collaborando proficuamente con il tessuto industriale pugliese e con il mondo accademico.

Le sedi di Bari

Le due sedi baresi operano in piena sinergia e coordinamento, condividendo, a seconda delle necessità, sia le 35 unità di personale tra ricercatori, tecnologi e tecnici, sia i sei laboratori di cui dispongono:

- Il *Laboratorio di Meccatronica e Sviluppo Prototipi*, in cui si progettano e assemblano sistemi meccanici, elettrici ed elettronici; si costruiscono circuiti e dispositivi mecatronici su cui si effettuano test e sperimentazioni; si studiano e sviluppano tecnologie di produzione additiva avanzata (stampa 3D), nuovi metodi per creare componenti di piccole dimensioni, anche combinando diversi processi produttivi.
- Il *Laboratorio di Micro EDM e Caratterizzazione*, dove si effettuano ricerche sulle microlavorazioni attraverso il processo di microelettroerosione ad alta precisione (un processo tecnologico senza contatto in grado di erodere minuscole quantità di materiale dal pezzo da lavorare e quindi realizzare geometrie micrometriche su tutti i materiali elettro-conduttivi indipendentemente dalle loro caratteristiche meccaniche); il laboratorio dispone inoltre di strumenti ottici per analisi dimensionali e per la caratterizzazione della qualità superficiale dei componenti realizzati nei diversi laboratori.
- Nei laboratori di *Micro Injection Moulding* e *Precision Injection Moulding* si svolgono attività di ricerca sul microstampaggio a iniezione, usato per produrre componenti in polimero o composito che presentano geometrie di dimensioni micrometriche e necessitano di precisioni dimensionali elevate. La ricerca riguarda l'impiego di materiali innovativi, come polimeri riciclati, rinforzati o alleggeriti con schiume, e l'ottimizzazione del processo, soprattutto per cavità molto piccole o con forme complesse che trovano applicazione pratiche in vari settori, come biomedicali (*lab-on-a-chip*, dispositivi microfluidici, ecc.), automotive e aerospaziale.
- Il *Laboratorio di Robotica Mobile* si focalizza sullo sviluppo di sistemi e metodi di percezione multisensoriali e cooperativi per la navigazione autonoma di robot mobili. La ricerca è finalizzata a incrementare la capacità dei veicoli di percepire e interpretare l'ambiente circostante, di svolgere i compiti assegnati in modo autonomo



Microlavorazione di un iniettore per motori diesel effettuato attraverso il processo di microelettroerosione.

o con limitata supervisione preservando opportuni standard di sicurezza. I contesti applicativi riguardano in particolare l'automazione industriale, l'agricoltura di precisione, la robotica di servizio e l'*ambient intelligence*.

- Il *Laboratorio di Sensing e Imaging* è dedicato all'elaborazione di dati visivi e multidimensionali per trovare soluzioni ai principali problemi legati all'elaborazione e percezione visiva, attraverso un'attività di ricerca che spazia dalla visione artificiale e dal riconoscimento di *pattern* all'apprendimento automatico e all'intelligenza artificiale. Il laboratorio è dotato di strumenti e macchine di calcolo ad alte prestazioni per l'acquisizione e l'elaborazione di immagini e dati multidimensionali per il monitoraggio di ambienti, prodotti e processi.

Le due sedi di Bari del CNR-STIIMA sono coinvolte in numerose iniziative di ricerca – anche supportate dal PNRR – regionali, nazionali ed europee. Le attività promosse e sviluppate dalle sedi si contestualizzano in tre principali macrotematiche di ricerca: tecnologie per il futuro della manifattura, percezione delle macchine e sistemi intelligenti e sistemi robotici e automatici.

Tecnologie per il futuro della manifattura

Questo ambito si occupa di sviluppare nuove conoscenze e tecnologie per ideare, progettare e realiz-

zare prodotti innovativi, anche complessi, come oggetti che richiedono alta precisione e dimensioni miniaturizzate. L'obiettivo è migliorare tutte le fasi che portano alla creazione di un prodotto: dalla scelta e analisi dei materiali, alla produzione vera e propria, fino all'assemblaggio e alla gestione del prodotto a fine vita. Tra le tecnologie studiate ci sono:

- le tecnologie additive (stampa 3D) di polimeri, compositi e metalli, anche in miniatura;
- le tecnologie di lavorazione meccanica dei materiali;
- lo sviluppo e l'uso di robot per assemblare componenti molto piccoli;
- la produzione di dispositivi flessibili e intelligenti per applicazioni avanzate.

Un'attenzione particolare è rivolta all'ingegneria di precisione, tecnologia che permette di costruire e manipolare oggetti di dimensioni microscopiche [1], come microingranaggi, guide d'onda, componenti optoelettronici, dispositivi microfluidici, ugelli per iniettori. Tra queste:

- la microelettroerosione, che utilizza scariche elettriche per lavorare materiali molto duri con estrema precisione;
- il microstampaggio, che consente di produrre componenti con geometrie micrometriche attraverso l'iniezione ad alta pressione in stampi di materiali plastici o compositi;
- la micromanipolazione, che permette di prelevare e assemblare microparti con strumenti di altis-

sima precisione, spesso assistiti da robot, sistemi di visione intelligenti e altri sistemi automatizzati.

Queste tecnologie sono fondamentali per settori come la microelettronica [2], la medicina (ad esempio per i *lab-on-a-chip* e per dispositivi impiantabili), la meccanica di precisione, le telecomunicazioni e l'aerospazio.

Tutte queste attività sono supportate da sistemi digitali avanzati, che permettono di progettare, simulare e controllare i processi in modo più efficiente e preciso [3]. Tra questi:

- i modelli digitali, che rappresentano virtualmente prodotti o processi per analizzarne e ottimizzare la fisica del sistema (analisi multi-fisica e mecatronica), prima della loro realizzazione;
- i *digital twin*, o gemelli digitali, copie virtuali dinamiche integrate nel sistema fisico reale – da dispositivi complessi o processi – aggiornate in tempo reale grazie all'elevata potenza computazionale e all'uso dei dati forniti da un'opportuna sensoristica;
- i *Cyber-Physical System*, che integrano componenti fisici e digitali per creare sistemi intelligenti e interconnessi e le tecnologie della fabbrica intelligente (*smart manufacturing*), che utilizzano automazione, intelligenza artificiale e connettività per rendere la produzione più flessibile, sostenibile ed efficiente;
- interfacce innovative adeguate agli utilizzatori basate su ambienti di Realtà Virtuale (*Virtual Reality* – VR) e applicazioni di Realtà Aumentata (*Augmented Reality* – AR) mista o estesa.

Percezione delle macchine e sistemi intelligenti

La percezione delle macchine è un campo di ricerca che si occupa di creare sistemi intelligenti, capaci di vedere e capire l'ambiente che li circonda al fine di prendere decisioni in modo autonomo.

I sistemi di visione artificiale utilizzano telecamere ad alta risoluzione e ad alta velocità che possono acquisire immagini a differenti lunghezze d'onda: dal visibile al termico, passando per l'ultravioletto allo scopo di evidenziare anomalie nascoste all'occhio umano. Le tecnologie 3D disponibili oggi – come sensori laser, luce strutturata, LIDAR (*Light Detection And Ranging*) – permettono inoltre di mettere in rilievo difetti impercettibili su oggetti e superfici.

Disporre di una tecnologia non è, tuttavia, sufficiente per rendere intelligente un sistema di visione artificiale.



Analisi dell'ambiente 2D/3D con il riconoscimento degli operatori e identificazione della postura.

È essenziale dotare tale sistema di capacità decisionali autonome, e questo è un obiettivo delle attività di ricerca del CNR-STIIMA: arricchire i sistemi di visione di software per l'analisi automatica dei segnali e delle immagini, studiando, integrando e adattando molteplici paradigmi di intelligenza artificiale, tra cui il *deep learning* [4]. L'Istituto ha sviluppato negli anni le competenze necessarie a realizzare sistemi di visione artificiale intelligenti per il controllo di qualità, attivando una rete di collaborazioni con aziende pugliesi, nazionali e internazionali.

L'approccio metodologico integra IA, visione artificiale, sviluppo di interfacce basate su AR/VR, *data science* e, più in generale, approcci computazionali intelligenti per produrre innovazione in contesti applicativi quali: manifatturiero, controllo qualità, scienza del mare, aerospazio, robotica e automazione, trasporto ferroviario, *ambient assisted living*, agricoltura, agroalimentare, medicina personalizzata, bioinformatica, progettazione di farmaci, interazione innovativa uomo-macchina, analisi del controllo motorio ed elettromiografia, tracciamento e studio delle attività motorie in laboratorio e in clinica.

Sistemi robotici e automatici

I sistemi di percezione visti in precedenza svolgono inoltre un'importante funzione all'interno di sistemi robotici e automatici. Se si pensa alla robotica come alla scienza capace di dar vita a macchine intelligenti, in grado di interagire con il mondo reale, appare evidente la forte connessione sinergica tra i robot e i sistemi di visione e intelligenza artificiale.

Il CNR-STIIMA svolge attività di ricerca per lo sviluppo di sistemi robotici dotati di sensori e tecnologie cooperative, progettati per riconoscere e interpretare l'ambiente circostante anche in condizioni difficili o in presenza di persone, animali o altri veicoli, come pure in contesti industriali e in altri domini applicativi sfidanti. L'obiettivo è rendere tali sistemi sempre più autonomi e sicuri, riducendo al minimo l'intervento umano, allo scopo di implementare applicazioni molteplici (monitoraggio di infrastrutture rilevanti con sensoristica innovativa, realizzazione di flotte di robot capaci di movimentare carichi pesanti in ambienti industriali, analisi di parametri rilevanti per il monitoraggio delle colture e razionalizzazione degli input per l'agricoltura di precisione) [5].

La sede di Bari dell'Istituto dispone di strumentazioni allo stato dell'arte per l'acquisizione in campo di segnali naturali – ottenuti in condizioni operative reali, non necessariamente controllate – e di veicoli auto-



Robot mobili per la navigazione autonoma in ambienti complessi.

mi capaci di localizzarsi e navigare in ambienti *indoor*, *outdoor* ma anche in diverse condizioni operative.

Perseguire lo sviluppo di sistemi sensoriali per piattaforme robotiche in grado di operare in completa autonomia in ambienti non strutturati coinvolge diversi aspetti di ricerca, tra cui:

- lo studio di tecniche robuste di localizzazione e navigazione, anche in contesti multipli e dinamici come i campi coltivati o gli ambienti industriali complessi;
- l'ottimizzazione dei percorsi pianificati, con l'obiettivo di ridurre il consumo energetico e prolungare l'autonomia operativa dei veicoli;
- l'impiego di tecniche avanzate di intelligenza artificiale e *deep learning*, per migliorare l'adattabilità e l'efficienza dei sistemi robotici.

Grazie a una ricerca interdisciplinare, a tecnologie d'avanguardia e a una rete crescente di collaborazioni nazionali e internazionali, le sedi di Bari del CNR-STIIMA continueranno a essere un motore di innovazione, pronte ad affrontare le sfide emergenti e a trasformarle in nuove opportunità per l'industria e la società del futuro.

Riferimenti bibliografici

- [1] V. BASILE, F. MODICA, L. REBAIOLI, R. SURACE, I. FASSI, "Process Chains for Micro-Manufacturing: Modeling and Case Studies", *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 7, 6, 2023, p. 215.
- [2] M. VALORI et al., "Design and validation of a gripper for the automated assembly of film components in flexible electronics manufacturing", *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 37, 9, 2024, pp. 1072-1087.
- [3] G.E. MODONI, B. STAMPONE, G. TROTTA, "Application of the Digital Twin for in process monitoring of the micro injection moulding process quality", *Computers in Industry*, 135, 2022.
- [4] R. MARANI et al., "Modeling and classification of defects in CFRP laminates by thermal non-destructive testing", *Composites Part B: Engineering*, 135, 2018, pp. 129-141.
- [5] A. CARDELLICCHIO et al., "Incremental learning with domain adaption for tomato plant phenotyping", *Smart Agricultural Technology*, 2025.