

PROGETTO DI RICERCA

Sviluppo di una piattaforma robotica per l'assemblaggio e il controllo qualità di quadri elettrici

Programma annuale per un incarico individuale di ricerca - durata: 12 mesi

Durata: 12 mesi	Risorsa: 1 ricercatore/ricercatrice
Ambito: Robotica e automazione industriale	Esito: Dimostratore sperimentale integrato

1. Progetto di ricerca

Il progetto riguarda lo studio, lo sviluppo e la validazione sperimentale di una piattaforma robotica flessibile per automatizzare un insieme selezionato di operazioni di assemblaggio e controllo qualità dei quadri elettrici. Il lavoro è dimensionato per essere svolto da una singola persona nell'arco di dodici mesi e sarà pertanto concentrato sulla realizzazione di un dimostratore di laboratorio relativo a un caso d'uso rappresentativo, anziché sullo sviluppo di una linea produttiva industriale completa.

La produzione dei quadri elettrici presenta ancora numerose lavorazioni manuali, dovute alla varietà delle configurazioni, alle tolleranze di posa e alla necessità di manipolare cavi e conduttori, ossia oggetti lineari deformabili la cui forma non è nota a priori. Questi aspetti limitano l'impiego di sistemi di automazione convenzionali e richiedono l'integrazione di percezione, pianificazione del movimento e controllo robotico adattivo.

L'attività di ricerca prenderà come riferimento una configurazione campione di quadro elettrico e una sequenza circoscritta ma significativa di lavorazioni, comprendente la localizzazione dei componenti, la manipolazione e la posa di uno o più conduttori e la verifica automatica della corretta esecuzione. La piattaforma sarà sviluppata privilegiando modularità, riutilizzabilità e possibilità di estensione a ulteriori componenti e varianti produttive.

1.1 Obiettivo generale

Definire e validare metodi robotici per l'esecuzione assistita o automatica di una sequenza rappresentativa di cablaggio di un quadro elettrico e per il relativo controllo qualità, integrandoli in un prototipo sperimentale utilizzabile come base per successive attività di industrializzazione.

1.2 Obiettivi specifici

- analizzare il processo e selezionare un caso d'uso compatibile con il tempo e le risorse disponibili;
- definire l'architettura hardware e software del dimostratore utilizzando, ove possibile, dispositivi già disponibili;
- sviluppare metodi di visione per localizzare componenti, punti di connessione e conduttori;
- sviluppare strategie di presa, movimentazione, posa e inserimento di cavi in presenza di incertezze;
- realizzare una procedura di verifica visiva della presenza, della posizione e del corretto instradamento dei componenti selezionati;
- integrare i moduli sviluppati e valutarne prestazioni, robustezza e ripetibilità mediante prove sperimentali.

1.3 Perimetro e criteri di fattibilità

Per garantire la coerenza con un incarico individuale annuale, la ricerca sarà limitata a una singola cella o postazione sperimentale e a un numero contenuto di componenti e operazioni. Non rientrano nel perimetro dell'incarico la progettazione meccanica completa di una linea industriale, la certificazione della macchina, l'automazione di tutte le varianti di quadro, lo sviluppo di sistemi di alimentazione industriale dedicati e la validazione produttiva di lungo periodo. Tali attività potranno costituire sviluppi successivi.

1.4 Metodologia

La metodologia seguirà un ciclo incrementale di analisi, sviluppo e sperimentazione. I moduli di percezione e manipolazione saranno inizialmente verificati separatamente su prove elementari; successivamente saranno integrati in una sequenza completa. Le prestazioni saranno misurate mediante indicatori quantitativi e le criticità emerse durante le prove guideranno il progressivo affinamento delle soluzioni.

1.5 Risultati attesi

- specifica del caso d'uso e dei requisiti funzionali del dimostratore;
- architettura hardware-software e ambiente sperimentale configurato;
- modulo di percezione per il riconoscimento/localizzazione degli elementi selezionati;
- strategie robotiche per la manipolazione e la posa dei conduttori del caso di studio;
- procedura prototipale di controllo qualità visivo;
- dimostratore integrato e rapporto conclusivo di validazione.

2. Piano delle attività

Il piano è articolato in sei fasi parzialmente sovrapposte. La sovrapposizione consente di anticipare le prove sui singoli moduli e riduce il rischio di concentrare l'integrazione nella parte finale dell'incarico.

Fase 1 - Analisi e definizione del caso d'uso

Periodo: Mesi 1-2

Analisi del processo di assemblaggio; selezione della configurazione campione e delle operazioni da automatizzare; individuazione di componenti, utensili, vincoli e principali condizioni di errore; definizione degli indicatori di prestazione e del protocollo di prova.

Risultato/Deliverable: D1 - Specifica dei requisiti e piano di validazione.

Fase 2 - Progettazione e predisposizione del dimostratore

Periodo: Mesi 2-3

Definizione dell'architettura della piattaforma; selezione e configurazione di manipolatore, organo di presa, sensori e dispositivi disponibili; calibrazione preliminare; definizione delle interfacce software e predisposizione del banco prova.

Risultato/Deliverable: D2 - Architettura del sistema e dimostratore di base configurato.

Fase 3 - Sviluppo del sistema di percezione

Periodo: Mesi 3-5

Acquisizione dei dati; riconoscimento e localizzazione dei componenti; identificazione dei punti di connessione e stima della configurazione dei conduttori; valutazione dell'accuratezza in condizioni rappresentative.

Risultato/Deliverable: D3 - Modulo prototipale di percezione e risultati delle prove elementari.

Fase 4 - Sviluppo delle strategie di manipolazione

Periodo: Mesi 5-8

Studio e implementazione delle primitive robotiche di presa, movimentazione, instradamento e inserimento; pianificazione delle traiettorie; gestione delle tolleranze; rilevamento degli insuccessi e definizione di strategie di recupero limitate al caso d'uso.

Risultato/Deliverable: D4 - Primitive di manipolazione validate sul caso di studio.

Fase 5 - Controllo qualità e integrazione

Periodo: Mesi 8-10

Sviluppo della verifica visiva della presenza e posizione dei componenti e del corretto percorso dei conduttori; confronto con la configurazione attesa; integrazione di percezione, manipolazione e controllo qualità in una sequenza coordinata.

Risultato/Deliverable: D5 - Dimostratore integrato e procedura di controllo qualità.

Fase 6 - Validazione e documentazione

Periodo: Mesi 10-12

Campagna sperimentale, raccolta e analisi dei dati, valutazione di accuratezza, successo, ripetibilità e tempi di esecuzione; individuazione dei limiti e delle azioni necessarie per l'industrializzazione; preparazione della documentazione tecnica e scientifica.

Risultato/Deliverable: D6 - Rapporto finale, dataset dei test e documentazione del prototipo.

3. Cronoprogramma dei 12 mesi

Periodo	Attività prevalente	Output verificabile	Quota indicativa
M1-M2	Analisi e requisiti	Caso d'uso e protocollo di prova	15%
M2-M3	Architettura e setup	Banco prova configurato	15%
M3-M5	Percezione	Localizzazione validata	20%
M5-M8	Manipolazione	Primitive robotiche validate	25%
M8-M10	Controllo qualità e integrazione	Sequenza integrata	15%
M10-M12	Validazione e documentazione	Rapporto finale	10%

4. Modalità di verifica

La valutazione finale sarà effettuata su una sequenza dimostrativa concordata e ripetuta in condizioni controllate. Gli indicatori saranno definiti nella Fase 1 e comprenderanno, ove applicabili:

- accuratezza nella localizzazione dei componenti e dei punti di connessione;
- percentuale di prese, pose o inserimenti completati correttamente;
- percentuale di sequenze concluse senza intervento dell'operatore;
- capacità di rilevare non conformità predisposte nel campione;
- ripetibilità e tempo medio di esecuzione;
- analisi qualitativa dei principali modi di guasto e delle possibili azioni correttive.

5. Esito dell'incarico

Al termine dei dodici mesi sarà disponibile un dimostratore sperimentale che integra percezione, manipolazione robotica e controllo qualità su una lavorazione rappresentativa del quadro elettrico. Il risultato avrà natura preindustriale e consentirà di valutare in modo quantitativo la fattibilità tecnica dell'approccio, identificando i requisiti e le attività necessarie per un successivo progetto di sviluppo e industrializzazione.