

Robot volante

di *Stefano Monfalcon*

Descrizione e motivazione del progetto didattico

Scheda A

il progetto didattico “Robot Volante” è stato realizzato da parte di un gruppo di 17 studenti di scuola superiore di età compresa tra i 14 e i 19 anni.

Il percorso è stato progettato secondo una didattica per problemi, quindi un percorso alla ricerca di soluzioni, procedendo anche per tentativi ed errori e costruendo le conoscenze necessarie per risolvere i problemi in itinere, in modo condiviso e partecipato.

Obiettivo del progetto era realizzare un sistema di automazione che mantenesse un dirigibile in volo a una quota prefissata sopra un’area ben definita.

È stato progettato un dirigibile di 6,5 metri di lunghezza che, tramite l’analisi delle immagini provenienti da una telecamera puntata verso il basso, fosse in grado di riconoscere il proprio posizionamento nello spazio. La telecamera, collegata al computer di bordo, elaborava i dati e “comandava” il funzionamento dei motori in base alla distanza dal centro dell’area.

Alla base di tutto le leggi matematiche e fisiche che determinano il comportamento di un oggetto in un fluido.

Classe o gruppo classe

Il progetto è stato realizzato da 17 studenti provenienti dalle diverse classi, dalla prima alla quinta, del Liceo Scientifico Europeo Salesiani Rainerum. Gli studenti hanno scelto spontaneamente di entrare nel gruppo di lavoro nell’ambito di attività opzionali previste dal progetto d’Istituto.

Tempi

Agosto-dicembre 2005.

Discipline coinvolte

Informatica, Fisica, Matematica.

Esperti e consulenze

Dott. Gianmaria Pedretti collaboratore dell’ITC-IRST di Trento.

Enti e/o associazioni con cui sono state collaborazioni

Cassa di Risparmio di Bolzano, Museo Civico di Rovereto.

Fasi di lavoro in sequenza

- 1) Formazione del gruppo e suddivisione in 4 sottogruppi:
 - a) programmatori del sistema di visione,
 - b) programmatori della movimentazione,
 - c) calcolatori,
 - d) elettronici.
- 2) Studi su un minidirigibile, studio dell'analisi delle immagini.
- 3) Studio del modello matematico.
- 4) Sperimentazione virtuale e sul dirigibile principale.
- 5) Programmazione del computer di bordo per l'analisi delle immagini.
- 6) Automazione del dirigibile e testing.

Attenzioni pedagogiche

La metodologia didattica utilizzata è il Cooperative Learning, per favorire l'apprendimento tra pari, anche attraverso tentativi ed errori. Il ruolo del docente, secondo tale modalità di lavoro, è quello di mediatore durante le discussioni, facilitatore nello stimolare confronti e riflessioni, guida nell'orientare i propri alunni verso la costruzione attiva dei saperi.

Quali saperi

Dinamica dei fluidi, principio di Archimede, equazioni differenziali risolubili per separazione di variabili, programmazione in LabView per l'analisi delle immagini e l'azionamento di motori, elementi di elettrologia ed elettronica.

Quali risultati

La verifica del processo è avvenuta in itinere ed ha preso in considerazione aspetti tecnici, scientifici e di comunicazione all'interno dei singoli gruppi e in fase di intergruppo. La verifica di prodotto è stata realizzata al termine. Sullo sfondo lo stimolo all'autovalutazione metacognitiva.

Un gruppo di studenti è giunto ad elaborare un modello matematico che, partendo dall'analisi delle forze agenti sul dirigibile, permette di prevederne il moto. Ciò è stato possibile grazie a momenti di studio individuale e di gruppo per apprendere il metodo di soluzione di equazioni differenziali a variabili separabili. Hanno quindi appreso anzitempo il concetto di differenziale, di derivata, di integrale e il loro utilizzo. Altri studenti hanno studiato le leggi del moto in regime viscoso e hanno realizzato un modello fisico-matematico.



Tutti hanno imparato a lavorare in gruppi cooperativi, rispettando il lavoro di ciascuno all'interno del singolo sottogruppo e valorizzando il contributo di tutti.

Dal punto di vista dell'insegnamento delle scienze, il progetto ha permesso di porre i ragazzi nelle condizioni di sperimentare sul campo il metodo di ricerca scientifica di ispirazione galileiana: partire da un'ipotesi, elaborare modelli verificarne la possibilità di applicazione o di utilizzo, elaborare una tesi giungendo a conclusioni generalizzabili e proponibili in contesti diversi.

1 Formazione gruppo e divisione in sottogruppi

Scheda B

Prerequisiti

- individuare un problema e scomporlo in sottoproblemi,
- apprendere in gruppi autonomi argomenti scientifico-tecnologici,
- conoscere il linguaggio LabView,
- conoscere le leggi della dinamica,
- conoscere lo studio di funzione,
- leggere, interpretare e costruire un grafico,
- individuare correttamente eventuali incrementi in una data funzione anche attraverso la lettura del grafico,
- utilizzare correttamente il calcolo algebrico,

- conoscere il funzionamento di un motore elettrico, di un circuito RC,
- saper leggere un semplice schema elettrico,
- saper leggere e comprendere istruzioni scritte in lingua Inglese,
- utilizzare correttamente un saldatore.

Obiettivi

- acquisire capacità di autovalutazione,
- acquisire la capacità di individuare strategie risolutive anche in caso di problemi complessi,
- acquisire la capacità di prendere decisioni strategiche nella risoluzione dei problemi, in modo autonomo, confrontandosi nel gruppo di pari, senza ricevere istruzioni dal docente,
- saper applicare e risolvere equazioni differenziali a variabili separabili,
- saper utilizzare strumenti tecnologici e informatici per l'acquisizione di dati e immagini,
- comprendere il funzionamento di un dirigibile telecomandato ed applicare le conoscenze acquisite per realizzare il prodotto finale.

Contenuti

- trattazione generale dei problemi legati all'analisi delle immagini e alla movimentazione da PC,
- studio approfondito delle leggi che regolano il moto di un oggetto che galleggia in un fluido,
- studio delle acquisizioni e delle analisi di immagini in LabView,
- studio di derivate integrali.

Situazioni di lavoro

Azioni dell'insegnante:

- descrive brevemente i problemi da risolvere e le competenze di ogni gruppo;
- indice un corso per l'utilizzo delle librerie e dei comandi per l'analisi delle immagini
- introduce brevemente le leggi del moto in regime viscoso e quelle che regolano il galleggiamento
- fornisce e consiglia testi e ipertesti su cui studiare
- tiene delle brevi trattazioni dei concetti di analisi matematica necessari
- consiglia esercizi di difficoltà graduata
- guida il gruppo nell'allestimento e messa in volo di dirigibili

Azioni dell'allievo:

- sceglie il gruppo e dichiara quale ritiene essere il suo contributo al gruppo
- segue il corso e si esercita
- segue la trattazione del docente
- ricerca e studia sul libro le leggi che occorrono per prevedere il comportamento del dirigibile
- segue la trattazione del docente
- si esercita, chiede, consulta libri
- si allena nella guida di dirigibili di diversa dimensione.

Visione e programmazione informatica



Calcoli di fluidodinamica

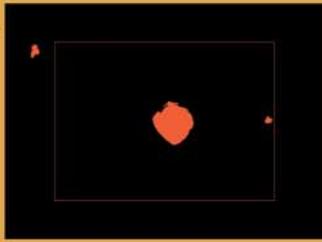


Elettronica e interfacciamento

Visione e programmazione informatica

Alle immagini acquisite dalla telecamera viene applicata una soglia di luminosità.
→ rimangono solo gli oggetti luminosi.

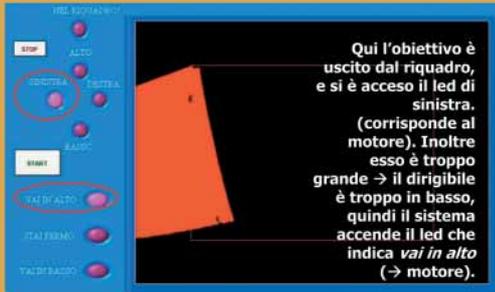
Il dirigibile rende l'oggetto di area maggiore il suo obiettivo, e seleziona un'area ristretta della propria visuale.



Quando l'obiettivo esce dall'area selezionata (ovvero le sue coordinate sono fuori dai limiti del rettangolo rosso) il sistema di visione attiva i motori in modo da riportare l'obiettivo al centro dell'inquadratura.



Sfruttando la relazione metri/pixel il sistema di visione è in grado di mantenere il dirigibile ad una quota stabile; inoltre sempre grazie a m/px il sistema riesce a calcolarsi la distanza tra sé stesso e l'obiettivo.



Qui l'obiettivo è uscito dal riquadro, e si è acceso il led di sinistra. (corrisponde al motore). Inoltre esso è troppo grande → il dirigibile è troppo in basso, quindi il sistema accende il led che indica *vai in alto* (→ motore).

Collaborazioni

L'assistenza per la programmazione e l'utilizzo di strumenti tecnologici e informatici è stata curata dal dott. Gianmaria Pedretti, collaboratore dell'ITC-IRST. La Cassa di Risparmio di Bolzano ha acquistato buona parte della strumentazione. Il sig. Paolo Grasso dell'azienda "Sorrisi Randagi" ha collaborato durante un pomeriggio di addestramento al montaggio e alla manutenzione del dirigibile.

Strumenti

Tre PC portatili, CVS (computer di bordo speciale per il dirigibile), videocamera, LabView, due dirigibili telecomandati, uno di 1,60 m di lunghezza per 40 cm di diametro massimo, un secondo di 6,5 metri di lunghezza per 2,8 m di diametro massimo, dinamometri, palloncini, elio, libri di testo, lavagna, internet.

Verifica e valutazione

Sono previsti momenti di osservazione sul campo e valutazione condivisa del lavoro in itinere.

Elettronica e interfacciamento

Il dirigibile ha svariate componenti elettroniche, le quali devono essere alimentate ed interfacciate. Avendo ogni apparecchio una diversa alimentazione, si sono dovuti eseguire dei circuiti per adattare la tensione elargita dai generatori (batterie), a quella adoperata dagli utilizzatori (motori, sistema d'automazione)



Si è poi dovuti testare la potenza i motori. A questo scopo, si è dovuta costruire una struttura che permettesse di azionare i motori, senza dover gonfiare il dirigibile, il che sarebbe stato troppo dispendioso, sia in tempo, sia in denaro.



Il cervello CVS (Compact Vision System)



Il CVS è un computer che ha tre entrate per telecamera, una entrata/uscita seriale e varie entrate/uscite digitali.

Test del Sistema di Visione Artificiale



La telecamera invia le immagini al CVS che le elabora e aziona i motori di conseguenza.

2) Studi su un minidirigibile, studio dell'analisi delle immagini

Prerequisiti

- conoscenza dei concetti di velocità, spostamento, tempo, forza,
- utilizzo del dinamometro per il gruppo incaricato dello studio del minidirigibile;
- utilizzo di LabView, delle librerie per l'analisi delle immagini;
- capacità di elaborare l'algoritmo e il diagramma di flusso nella soluzione di problemi,
- conoscenza dell'effetto degli spostamenti su forma e posizione di un oggetto.

Risultati attesi

osservazione e comprensione dei seguenti fenomeni:

1. il comportamento del dirigibile non è descrivibile con le leggi della dinamica che generalmente si studiano in classe,
2. l'attrito viscoso dell'aria funziona da freno naturale per il dirigibile, soprattutto ad alte velocità, quindi si può effettuare parte del percorso a motori accesi e poi avvicinarsi gradualmente all'obiettivo a motori spenti.
3. c'è una relazione tra spazio percorso in accelerazione e spazio di frenata a motori spenti.

Queste tre osservazioni mostrano la necessità di elaborare un modello fisico-matematico per prevedere il comportamento del dirigibile. Si rende necessario uno studio teorico dei moti in regime viscoso e si rivela fondamentale l'apprendimento delle leggi che lo regolano. Il gruppo che si occupa della componente informatica affronta il problema dell'isolamento di oggetti all'interno di un'immagine e lo risolve utilizzando filtri adeguati in modo da legare il moto relativo dell'oggetto al movimento del dirigibile.

Contenuti

- Moti relativi.
- Riconoscimento di oggetti dal punto di vista dell'informatica e della logica (come insegnare a un computer a riconoscere un tavolo quadrato di colore bianco all'interno di un cortile).
- Leggi del moto in attrito viscoso e loro formalizzazione.
- Equazione delle forze agenti su un corpo che si muove in un fluido viscoso.
- Applicazione del Principio di Archimede per l'equilibrio del dirigibile.
- Impostazione di equazioni differenziali.

Azioni dell'insegnante

- Assegna al gruppo di programmazione informatica il compito di elaborare programmi per il riconoscimento della posizione di un corpo più chiaro dello sfondo.
- Discute la logica del programma con gli studenti.
- Chiede di applicare le equazioni del moto in regime viscoso al comportamento del dirigibile.
- Chiede di determinare a priori i pesi necessari all'equilibrio delle forze agenti in direzione verticale sul dirigibile.
- Stimola la formulazioni di ipotesi, da parte degli studenti, sui tempi di reazione e sul comportamento del dirigibile.

Azioni dell'allievo

- Progetta il programma, comincia a elaborare sotto programmi
- Discute con il docente sui problemi incontrati durante questa fase di lavoro
- Studia le equazioni del moto in regime viscoso e le applica al progetto di costruzione del dirigibile
- Effettua ricerche e studi cooperativi sulle leggi che consentono di poter prevedere il comportamento del dirigibile
- Partecipa attivamente alla discussione guidata dal docente, proponendo ipotesi e facendo previsioni motivate e ragionate
- si esercita, si rivolge ai compagni e all'insegnante per ricevere chiarimenti, consulta fonti diverse per ricerche (libri, riviste specializzate, siti web)
- si allena nella guida di dirigibili di diversa dimensione.

Una volta raggiunta una buona conoscenza delle leggi del moto in regime viscoso, gli studenti le applicano per descrivere il comportamento del dirigibile (formalizzazione). Impostano le equazioni, assumendo come parametri le grandezze caratteristiche del dirigibile. Osservano i comportamenti del dirigibile cercando di correlare intensità della spinta dei motori e tempo di accensione con il tempo di frenata e lo spazio percorso.

Durante tale fase è preziosa la collaborazione dell'insegnante di matematica.

Strumenti

Computer di bordo (Compact Vision System) creato dalla National Instruments, scheda PCMCIA per l'automazione industriale National Instruments, minidirigibile comandato da PC tramite scheda PCMCIA, dinamometro, metro, cronometro, libri di testo, Internet.

Verifica e valutazione

Sono previsti momenti di osservazione sul campo; valutazione condivisa del lavoro in itinere; valutazione dell'esposizione da parte di ogni gruppo al team di progetto.

Misura della forza dei motori



Il CVS aziona i motori conseguentemente all'analisi delle immagini.

- Sono state impostate delle equazioni che ci permettono di determinare a priori tempi e spazi percorsi e di frenata.
- Le funzioni determinate teoricamente sono state trasformate in algoritmi e programmi implementati sul sistema di automazione.



Equazioni che regolano il comportamento del dirigibile in fase di frenata. Grazie a queste, il sistema è in grado di comandare il dirigibile.

$$m \frac{dv}{dt} = -kv$$

$$\ln(v) - \ln(0,001) = -\frac{k}{m} t$$

$$v = v_0 \cdot e^{-\frac{k}{m} t}$$

$$s = \frac{m}{k} \cdot v_0 \cdot \left(-e^{-\frac{k}{m} t} + 1 \right)$$

Equazione che permette al dirigibile di ottimizzare la spinta dei motori e sfruttare al meglio l'effetto dell'attrito dell'aria

$$0,45d = \frac{F}{k} \left(t + \frac{m}{k} e^{-\frac{k}{m} t} - \frac{m}{k} \right)$$

Principio di Archimede

Un corpo immerso in un fluido riceve una spinta verso l'alto pari al peso della quantità di fluido spostata.



Espressione della spinta idrostatica

$$V_{aria} \cdot \rho_{aria} \cdot g = m_{involucro} \cdot g + \rho_{dir} \cdot V_{dir} \cdot g + x \cdot g$$

3) Studio del modello matematico, sperimentazione virtuale e sul dirigibile principale, programmazione del computer di bordo per l'analisi delle immagini.

Prerequisiti

- applicare correttamente equazioni differenziali per separazione di variabili,
- capacità di effettuare correttamente esperienze di controllo,
- buona competenza nell'utilizzo di LabView per il controllo e l'analisi delle immagini.

Risultati attesi

Applicazione corretta di: equazioni differenziali; conoscenze informatiche; leggi fisiche di fluidodinamica. Applicare la procedura di controllo sperimentale.

Contenuti

- Soluzione delle equazioni differenziali del modello elaborato;
- testing della validità del modello (prima tramite una simulazione al calcolatore e poi attraverso esperienze che prevedano l'utilizzo del minidirigibile e di quello principale);
- programmazione per l'individuazione di oggetti di dimensioni prefissate e più chiari dello sfondo.

Azioni dell' insegnante

- Segue gli studenti del gruppo “calcolatori” nella soluzione delle equazioni differenziali e nell'elaborazione del modello.
- Propone agli studenti “programmatori” di realizzare una simulazione al calcolatore per controllare la compatibilità dei risultati con le osservazioni qualitative effettuate in precedenza sul minidirigibile.
- Propone agli studenti “calcolatori” di progettare esperienze di controllo, discutendo con loro ipotesi e procedure
- Discute con loro ipotesi e procedure
- Propone agli studenti “elettronici” la realizzazione di test di controllo sul dirigibile.

Azioni dell'allievo

- Gli studenti “calcolatori” elaborano il modello
- Gli studenti “programmatori” realizzano una simulazione in base alle indicazioni ricevute dai colleghi “calcolatori”.
- Gli studenti del gruppo di elettronica e logistica eseguono manovre con il dirigibile misurando spazi e tempi di accelerazione, spinta dei motori, spazi e tempi di frenata e forniscono i dati salvati su un foglio di lavoro ai “calcolatori”.

- Modera la discussione sui risultati del test
- Propone agli studenti “programmatori” di realizzare un programma che stabilisca la direzione e il verso di spostamento di un oggetto all’interno di un’immagine e segnali quando esso esce da un’area prefissata.
- Gli studenti discutono sotto la guida del docente i risultati ed effettuano le dovute correzioni al modello.
- I “programmatori” lavorano sul nuovo programma di analisi delle immagini.

Strumenti

Dirigibile principale telecomandato; dinamometri; cronometri; bilancia; carta; penna; foglio elettronico; PC e LabView; CVS con collegamento wireless al PC; videocamera in bianco e nero.

Verifica e valutazione

Ormai giunti a questa fase la verifica si basa sui risultati raggiunti dai gruppi di lavoro. Si giunge ad un coinvolgimento tale per cui i voti, come generalmente intesi nell’attività curricolare, assumono rilevanza minima rispetto ai traguardi da raggiungere.

I ragazzi hanno infatti stimoli e strumenti per autovalutarsi. L’insegnante completa la valutazione degli allievi utilizzando le osservazioni registrate in itinere.