

AIRPORT-FLOW

1. Introduzione

Il progetto *AIRPORT FLOW* nasce con l'obiettivo di modellare e ottimizzare il flusso di passeggeri all'interno di un aeroporto, partendo dall'arrivo dei viaggiatori fino al momento dell'imbarco. Questo processo coinvolge diverse fasi, in particolare il check-in, i controlli di sicurezza, il controllo dei passaporti e l'assegnazione del gate in modo organizzato e strutturato. Nel progetto vengono modellate solamente le fasi principali appartenenti ad un flusso reale, semplificando alcune problematiche che sono presenti nella realtà come il tempo impiegato nel svolgere le varie azioni e negli spostamenti tra una postazione e l'altra, focalizzandosi così sulla correttezza logica e funzionale del flusso. Il problema è interessante poiché non è di banale risoluzione, soprattutto quando in gioco iniziano ad esserci più entità che interagiscono fra loro.

Il progetto viene affrontato utilizzando il linguaggio PDDL (Planning Domain Definition Language), pensato per descrivere domini e problemi di pianificazione automatica. La scelta del PDDL è motivata dalla sua capacità di rappresentare in modo strutturato azioni complesse e di supportare la generazione automatica di piani tramite planner. Questo approccio permette di verificare formalmente la correttezza di un processo e di simulare diversi scenari.

2. Metodologia

La modellazione del dominio in PDDL è stata effettuata suddividendo il flusso in più fasi sequenziali:

1. **Arrivo all'aeroporto:** il passeggero arriva all'ingresso e può dirigersi verso il banco check-in assegnato;
2. **Assegnazione e liberazione postazioni:** il personale presente in aeroporto viene dinamicamente assegnato e liberato alle postazioni in base all'esigenza. Si è deciso di avere un solo tipo di personale che può ricoprire tutte le postazioni in aeroporto;
3. **Check-in e consegna bagagli:** il passeggero effettua il check-in in una postazione libera e in cui si trova un membro del personale. Se il passeggero ha bagagli da stiva, li consegna prima di proseguire;
4. **Controllo documenti di viaggio:** il personale verifica i documenti di viaggio del passeggero. Solo dopo questa fase, il check-in si è concluso e il passeggero può dirigersi alla zona di sicurezza;
5. **Controllo di sicurezza:** tutti i passeggeri devono passare per il controllo di sicurezza attraverso una postazione libera e in cui ci sia un membro del personale;

6. **Controllo del passaporto:** questa fase viene eseguita solo dai passeggeri che devono imbarcarsi su un volo internazionale; è sempre richiesto un membro del personale e che la postazione sia libera;
7. **Assegnazione e comunicazione gate:** il passeggero finiti i controlli entra nella airside e gli viene assegnato uno specifico gate in base al tipo di volo (nazionale o internazionale);
8. **Controllo finale dei documenti e imbarco:** una volta verificati i documenti finali al gate, il passeggero è pronto per l'imbarco

Gli oggetti definiti nel problema includono passeggeri, personale e location (postazioni check-in, aree di sicurezza, controllo passaporto e gate). Ogni azione del dominio ha precondizioni che riflettono lo stato del sistema e produce effetti che aggiornano la situazione, permettendo al planner di generare un piano corretto per ogni scenario.

3. Test

Esecuzione del planner

Abbiamo testato il progetto utilizzando **ENHSP (Extended Numeric Heuristic Search Planner)**, uno dei planner compatibili con domini PDDL. Il piano ottenuto ha dimostrato che il modello riesce a:

- Gestire correttamente le sequenze logiche delle azioni.
- Evitare conflitti sull'uso delle risorse: per esempio, un membro del personale può essere assegnato ad una sola postazione per volta e non può svolgere più compiti contemporaneamente.
- Differenziare il flusso per ciascun passeggero, a seconda del tipo di volo.

Verifiche effettuate

Abbiamo verificato che:

- I passeggeri con bagagli eseguono correttamente la consegna prima di accedere alla sicurezza.
- Solo i passeggeri internazionali passano dal controllo passaporti prima di passare alla zona airside, e solo loro accedono al gate internazionale.
- L'assegnazione dei gate avviene solo dopo la sicurezza, quando il passeggero si trova nell'airside, in maniera coerente con il tipo di volo.
- L'imbarco avviene solo se tutti i controlli precedenti sono stati completati e il gate è noto.

Un aspetto fondamentale del progetto è l'interfaccia grafica, sviluppata per permettere all'utente di interagire in modo semplice con il sistema e visualizzare l'esecuzione del piano generato. Al primo avvio, all'utente viene presentata una finestra di input iniziale in cui si può personalizzare lo scenario da simulare. In particolare, vengono richiesti:

- il numero di passeggeri;

- per ciascun passeggero viene chiesto il nome, la presenza o meno di un bagaglio da stiva, e se si tratta di un volo internazionale o nazionale;
- il numero di postazioni di check-in, di sicurezza e di controllo passaporti;
- il numero complessivo di personale disponibile.

Questi dati sono poi utilizzati per generare dinamicamente il file del problema in formato PDDL, coerente con il dominio definito, e passato al planner per la generazione del piano. Una volta che il planner ha prodotto il piano, viene aperta la finestra principale dell'interfaccia grafica, che mostra una mappa semplificata dell'aeroporto in cui sono presenti le postazioni, i passeggeri, il personale e i gate (uno nazionale e uno internazionale). L'interfaccia visualizza in sequenza le azioni previste dal piano, evidenziando i movimenti dei passeggeri e del personale nel rispetto delle risorse disponibili.

In particolare, vengono evidenziati visivamente:

- i percorsi eseguiti dai passeggeri tra le varie postazioni;
- l'assegnazione dinamica del personale alle postazioni, alternandosi a fasi di "riposo" in cui il personale è libero e pronto per essere assegnato a una nuova postazione;
- l'interazione con il bagaglio da stiva e con i controlli dei documenti nella fase di check-in;
- il cambiamento dello stato dei passeggeri attraverso la variazione del loro colore, in particolare diventano verdi quando passano i controlli e oro quando conoscono il gate in cui devono andare;
- la distinzione tra voli nazionali e internazionali;
- l'imbarco finale al gate assegnato.

In questo modo viene migliorata notevolmente la comprensibilità del sistema, rendendo il comportamento del piano osservabile in modo intuitivo e permettendo di validarne la correttezza anche da un punto di vista visivo.

Per il test ci siamo concentrati su 3 funzionalità del planner ENHSP: la base, la subottimale e l'ottimale. La funzionalità base garantisce l'ottenimento di un piano corretto se il problema è risolvibile, la subottimale garantisce sempre la correttezza e cerca di ottimizzare il piano, infine la funzione ottimale restituisce il piano più corto. Con la prima e la seconda non abbiamo notato grandi differenze in particolare, riescono entrambe a produrre il piano con 7 (il massimo che si vedono nella visuale grafica) postazioni di ogni tipo, più di 7 membri del personale e anche con oltre 30 passeggeri. Le azioni svolte inoltre non differiscono molto nel numero, la subottimale infatti riesce a svolgere qualche azione in meno rispetto alla funzione base man mano che si aumentano gli oggetti presenti.

La funzione ottimale invece riesce a funzionare in tempi ragionevoli solo con pochi oggetti, le situazioni limite sono: primo caso con 4 passeggeri, 1 postazione per tipo e 1 membro del personale; secondo caso con 2 passeggeri, 2 postazioni per tipo e 2 membri del personale; terzo caso con 3 passeggeri, 2 postazioni per tipo e 1 membro del personale; ultimo caso con 1 passeggero, 4 postazioni per tipo e 4 membri del personale. Con quest'ultima funzione però si ottengono svariati passaggi in meno rispetto alle altre.

Con tutte e tre le funzioni il tempo d'attesa per ottenere il piano aumenta più oggetti sono presenti.

4. Conclusioni

Il progetto *AIRPORT FLOW* permette di esplorare in modo efficace l'applicazione del PDDL alla modellazione di un sistema reale e complesso, con flussi condizionati, risorse condivise e comportamenti differenziati a seconda del soggetto.

Punti di forza

Una delle principali qualità del progetto è la sua modellazione flessibile e riutilizzabile, in quanto consente di adattare il dominio in funzione di esigenze o scenari diversi.

Inoltre, il modello supporta scenari con molteplici entità che agiscono in parallelo, come passeggeri e personale, e riesce a gestire in modo coerente la concorrenza tra agenti anche in presenza di risorse limitate. Questo rende il sistema adatto a simulare situazioni reali, anche in condizioni di carico crescente.

Infine, la logica operativa rappresentata nel dominio è fedele a quella osservabile in un aeroporto moderno, presentando una sequenza di azioni coerenti con le procedure reali di imbarco, controllo e gestione del flusso passeggeri.

Limitazioni

Nonostante l'impianto complessivo sia funzionale, sono presenti alcune limitazioni che ne riducono ciò che si vede nel mondo reale. La prima è l'assenza di una gestione temporale: tutte le azioni sono considerate sincrone e prive di durata, impedendo di modellare correttamente scenari in cui il tempo gioca un ruolo importante, come code o ritardi.

Inoltre, il dominio non prevede la possibilità di gestire eventi imprevisti o comportamenti anomali, come cancellazioni di voli, assenze del personale o malfunzionamenti, elementi che incidono in modo sostanziale sulla pianificazione in un contesto aeroportuale reale. Un'ulteriore semplificazione riguarda l'assegnazione dei gate, che nel modello attuale avviene in modo statico, limitandosi alla differenza tra nazionale e internazionale, senza logiche di ottimizzazione rispetto alla prossimità o alla distribuzione del carico di lavoro.

Sviluppi futuri

Tra gli sviluppi più promettenti vi è sicuramente l'integrazione di vincoli temporali che permetterebbe di introdurre durate nelle azioni, gestire sovrapposizioni e pianificare in funzione del tempo disponibile. Sarebbe inoltre utile implementare la gestione di priorità tra passeggeri, ad esempio in base all'urgenza del volo, famiglie con bambini piccoli, persone disabili o con necessità speciali.

Inoltre, per rendere il sistema ancora più realistico, si potrebbe valutare l'aggiunta della simulazione di ritardi, come menzionato nelle limitazioni, o turni di lavoro del personale.

Infine, un'altra istanza che si potrebbe prendere in considerazione riguarda la possibilità di rappresentare connessioni tra voli e passeggeri in transito.

Sebbene nasca come progetto didattico, *AIRPORT FLOW* costituisce un punto di partenza concreto verso la simulazione intelligente di ambienti complessi, offrendo un potenziale applicativo anche in ambito logistico, operativo e di smart mobility.