

Teoria dei giochi ed intelligenza artificiale per problemi di target search

Il search-and-tracking è il problema nel quale un agente in fuga (target) si muove in un ambiente per raggiungere la sua destinazione, mentre un altro agente, l'osservatore, cerca di trovarlo e inseguirlo fino alla sua destinazione. Si pensi, per esempio, al caso di un drone di sorveglianza che vola sopra un'ampia regione geografica e che cerca di scoprire un criminale che in macchina sta cercando di raggiungere il suo nascondiglio il prima possibile.

Nel momento in cui l'osservatore perde contatto con il target, una possibile procedura di search si può costruire nel modo seguente. Prima si selezionano una famiglia di luoghi strategici dove si ritiene più probabile che il target passerà ed in essi si costituiscono i flight pattern che l'osservatore dovrà eseguire per ritrovarlo. Quindi si cerca la sequenza di pattern che l'osservatore dovrebbe attuare massimizzando un funzionale utilità che può rappresentare ad esempio la probabilità di ritrovare il target o la velocità con la quale avviene il ritrovamento.

Una delle principali difficoltà nel risolvere il problema di massimo sopra è dovuto al fatto che le dislocazioni geografiche dei pattern, i vincoli sui tempi per le loro esecuzioni (essendo il target in movimento), i tempi necessari per l'osservatore di andare da un pattern ad un altro pongono una serie di vincoli sulle sequenze dei pattern ammissibili la cui descrizione è di complessità esponenziale nel numero dei pattern della famiglia scelta.

In questa tesi si vuole modellare il problema della descrizione delle famiglie ammissibili di pattern attraverso la teoria dei grafi introducendo un grafo in cui i nodi sono i pattern stessi e un arco tra due nodi indica che essi sono incompatibili, cioè uno stesso drone non può eseguirli entrambi a causa dei vincoli temporali e spaziali. Le famiglie ammissibili in questo modo corrispondono a sottoinsiemi di nodi che formano un cosiddetto insieme indipendente. Il problema originale di ottimizzazione della funzione utilità diviene così naturalmente definito sul nuovo dominio degli insiemi indipendenti e così trasformato in un puro problema di ottimizzazione combinatoria.

Obiettivo della tesi è fornire metodi per la risoluzione di questo problema con vari gradi di difficoltà. Si pongono le seguenti possibili strade di ricerca:

1. Analisi degli algoritmi esistenti in letteratura per la determinazione degli insiemi indipendenti massimali (che non possono essere estesi ulteriormente) in un grafo, in particolare algoritmi di tipo randomizzato che permettano di costruire un processo stocastico che 'vive' su tali insiemi e che spontaneamente, al variare del tempo, li esplora tutti. A partire da questo si costruirà infine l'algoritmo che calcolando la funzione utilità convergerà al valore ottimo.

2. Determinazione degli insiemi indipendenti massimali attraverso la teoria dei giochi. L'idea, molto in voga nella ricerca ingegneristica contemporanea, è quella di 'disegnare' un gioco sul

grafo dei vincoli dove i giocatori sono i nodi stessi e dove la loro azione può essere 0 o 1. L'obiettivo è che il gioco abbia gli equilibri di Nash che corrispondono, guardando i nodi che sono in 1, agli insiemi indipendenti massimali. Si considerano poi delle dinamiche sulle configurazioni scelte (Best Response, log-linear learning) dove gli agenti a turno modificano l'azione scelta nel tentativo di migliorare la propria individuale utilità. Vari risultati teorici garantiscono che tali dinamiche asintoticamente raggiungono gli equilibri di Nash. Questa tecnica potrebbe portare ad algoritmi di tipo distribuito alternativi a quelli considerati nella parte 1.

3. Il problema dell'estensione da un drone a più droni che cercano lo stesso target è di notevole interesse applicativo e non banale. In questa terza direzione, si propone di utilizzare tecniche simili alle precedenti per modellarlo come un problema di ottimizzazione combinatoria su 'oggetti' connessi ad un grafo. Agli insiemi indipendenti dovrebbero qui subentrare oggetti collegati alle colorazioni su un grafo. E' presumibile che gli algoritmi di colorazione di un grafi saranno un buon punto di partenza per risolvere il problema esteso multi-droni.

[1] Combining Temporal Planning with Probabilistic Reasoning for Autonomous Surveillance Missions, Sara Bernardini, Maria Fox and Derek Long, Autonomous Robots (AURO) (5-year impact factor: 4.095) , Vol. 41, No. 1, 01.2017, p. 181-203, Springer.

[2] Leveraging Probabilistic Reasoning in Deterministic Planning for Large-Scale Autonomous Search-and-Tracking, Sara Bernardini, Maria Fox, Derek Long and Chiara Piacentini, Proceedings of the Twenty Sixth International Conference on Automated Planning and Scheduling (ICAPS-16) (Acceptance rate: 35%). London, UK, June 2016.