

**Planejamento probabilístico como busca  
num espaço de transição de estados**

Daniel Javier Casani Delgado

DISSERTAÇÃO APRESENTADA  
AO  
INSTITUTO DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA  
DA  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
PARA  
OBTENÇÃO DO TÍTULO  
DE  
MESTRE EM CIÊNCIAS

Programa: Mestrado em Ciências da Computação  
Área de Concentração: Planejamento em Inteligência Artificial  
Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Leliane Nunes de Barros

São Paulo, Fevereiro de 2013

## Planejamento probabilístico como busca num espaço de transição de estados

Esta dissertação contém as correções e alterações sugeridas pela Comissão Julgadora durante a defesa realizada por Daniel Javier Casani Delgado em 04/02/2013. O original encontra-se disponível no Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo.

Comissão Julgadora:

- Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>a</sup>. Leliane Nunes de Barros (orientadora) - IME-USP
- Prof. Dr. Silvio do Lago Pereira - FATEC-SP
- Prof. Dr. Valdinei Freire da Silva - EACH-USP

# Agradecimentos

Agradeço a Deus, à minha família no Peru e à minha namorada pelo apoio ao longo de todos estes anos. À minha orientadora pela paciência e ajuda na elaboração deste trabalho.



# Resumo

Um dos modelos mais usados para descrever problemas de planejamento probabilístico, i.e., planejamento de ações com efeitos probabilísticos, é o processo de decisão markoviano (*Markov Decision Process* - MDP). Soluções tradicionais são baseadas em programação dinâmica, sendo as mais eficientes aquelas baseadas em programação dinâmica em tempo real (*Real-Time Dynamic Programming* - RTDP), por explorarem somente os estados alcançáveis a partir de um dado estado inicial. Por outro lado, existem soluções eficientes baseadas em métodos de busca heurística em um grafo AND/OR, sendo que os nós AND representam os efeitos probabilísticos das ações e os nós OR representam as escolhas de ações alternativas. Tais soluções também exploram somente estados alcançáveis a partir de um estado inicial porém, guardam um subgrafo solução parcial e usam programação dinâmica para a atualização do custo dos nós desse subgrafo. No entanto, problemas com grandes espaços de estados limitam o uso prático desses métodos. MDPs fatorados permitem explorar a estrutura do problema, representando MDPs muito grandes de maneira compacta e assim, favorecer a escalabilidade das soluções. Neste trabalho, apresentamos uma análise comparativa das diferentes soluções para MDPs, com ênfase naquelas que fazem busca heurística e as comparamos com soluções baseadas em programação dinâmica assíncrona, consideradas o estado da arte das soluções de MPDs. Além disso, propomos um novo algoritmo de busca heurística para MDPs fatorados baseado no algoritmo ILAO\* e o testamos nos problemas da competição de planejamento probabilístico IPPC-2011.

**Palavras-chave:** Planejamento probabilístico, Programação Dinâmica em Tempo Real, Busca em grafos AND/OR com transições probabilísticas.