

# Software Adaptável Para Cálculo de Satisfazibilidade Probabilística

C. E. de Barros and F. G. Cozman

**Abstract**— This extended abstract describes a project whose goal is to deploy adaptive techniques on a Probabilistic Satisfiability solver that uses the IBM-CPLEX package so as to exploit parallelization/concurrence in a cluster of computers. The current version of this software is being tested.

**Keywords**— Satisfazibilidade Probabilística, Paralelização, Concorrência, Programação Inteira, Programação Linear

## I. INTRODUÇÃO

Resumidamente, o problema original da Satisfazibilidade Probabilística é uma generalização do problema da Satisfazibilidade: adicionam-se probabilidades a variáveis lógicas proposicionais [1]. O problema original pergunta sobre a existência de uma distribuição de probabilidades que satisfaz um conjunto de cláusulas, onde estas assumem valores falso ou verdadeiro, também de maneira probabilística. O problema da Satisfazibilidade Probabilística é de complexidade NP completa.

A primeira extensão desse problema é tratada no artigo [1] e a questão a ser resolvida é, então, o cálculo da faixa de variação do valor de probabilidade de uma nova afirmação lógica, dado o fato de que as informações anteriores já eram satisfazíveis.

## II. TRABALHOS CORRELATOS

A Referência [2] propõe uma nova técnica para a resolução do problema original da Satisfazibilidade Probabilística e introduz o interessante estudo de transição de fase. Este mesmo estudo é posteriormente retomado pela Referência [3], onde é descrito software desenvolvido pelo Laboratório de Tomada de Decisão da Escola Politécnica.

## III. QUESTÕES A SEREM TRATADAS

Primeiro, o software tal como apresentado em [3], resolve o problema original da Satisfazibilidade Probabilística, além de ter o enfoque no estudo de transição de fase, introduzido pela Referência [2]. Este software foi, então utilizado para fazer estudos mais exaustivos, com problemas envolvendo cláusulas proposicionais com exatamente 3 literais.

Pretende-se estudar o benefício da utilização de computação paralela, utilizando o cluster do Departamento de Tecnologia da Informação que a Universidade de São Paulo Possui (o qual

trabalha com 4 núcleos memória de 8 GB). Preliminarmente, notou-se a vantagem nativa tanto da linguagem Java, como do CPLEX, em utilizar os novos recursos de hardware.

## IV. SITUAÇÃO ATUAL DO TRABALHO

Já está implementada a alteração de forma a atribuir os parâmetros de probabilidade, conforme [1], em que os principais aspectos são:

- Probabilidades associadas diretamente as cláusulas
- Numero de literais por cláusula variando uniformemente entre 1 e 3.

O programa em Java foi testado e aprovado quanto ao funcionamento para a utilização no cálculo da satisfazibilidade de  $m$  sentenças lógicas com probabilidades associadas a cada cláusula e número de literais variando de 1 a  $k$ .

O próximo passo é comparar seu desempenho em relação aos aspectos sugeridos por [1] e conforme o resultado, passar para a fase seguinte descrita, nos trabalhos futuros.

Para isso é necessária a realização de dois trabalhos preliminares. O primeiro é adaptar o programa atual para gerar problemas satisfazíveis, utilizando o método descrito no próprio artigo [1].

Outra importante mudança é programar o problema que é de fato tratado em [1], qual seja, a primeira extensão do problema original da Satisfazibilidade Probabilística. Ou seja, é preciso verificar a faixa de variação no valor da probabilidade de uma sentença adicional a um sistema conhecidamente satisfazível.

## V. TRABALHOS FUTUROS

Tanto a linguagem Java como o pacote CPLEX nativamente já se beneficiam do poder de paralelização ou concorrência, ou combinação de ambos, oferecido pelo cluster utilizado no LCCA. No entanto é preciso fazer uma análise mais profunda de como estes e outros parâmetros da linguagem Java e do CPLEX podem melhorar o desempenho.

Normalmente, os parâmetros de configuração e entrada do CPLEX deverão ser passados de forma automatizada

pelo programa Java e isso será o próximo grande tema de estudo.

Também, em princípio, será utilizado como referência de desempenho o trabalho da referência [1], por ser considerado, até agora aquele que melhor desempenho demonstrou para a resolução do problema da Satisfazibilidade Probabilística.

Dentro dessa temática, pretende-se implantar técnicas adaptativas a serem especificadas, conforme os resultados obtidos após a conclusão das atividades preliminares descritas no andamento do trabalho.

(1997), Livre-docência pela Universidade de São Paulo (2003). Atualmente é coordenador da comissão de inteligência artificial da SBC, membro do comitê editorial do Int. Journal on Approximate Reasoning e associate editor do Journal of Artificial Intelligence Research. Pesquisas focam na automação de processos de decisão sob incerteza, incluindo representação de conhecimento e aprendizado (tópicos: inteligência artificial, redes bayesianas, conjuntos de probabilidade, modelos estatísticos gráficos)

#### REFERÊNCIAS

- [1] P Hansen, S Perron. Merging the local and global approaches to probabilistic satisfiability.- International Journal of Approximate Reasoning, 2008 - Elsevier
- [2] Marcelo Finger and Glauber De Bona. Probabilistic satisfiability: Logic based algorithms and phase transition. In IJCAI, pages 528{533, 2011.
- [3] Cozman, Fabio Gagliardi ; di Ianni, L. F. . Probabilistic Satisfiability and Coherence Checking through Integer Programming. In: European Conference on Symbolic and Quantitative Approaches to Reasoning with Uncertainty, 2013, Utrecht. Symbolic and Quantitative Approaches to Reasoning with Uncertainty, Lecture Notes in Computer Science, 2013. v. 7958. p. 145-156

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos o fundamental apoio das seguintes pessoas e instituições: LCCA – DVD – DTI – Reitoria – USP, Lucas Ianni, Fabio Reale, Glauber De Bona, Ettore Ligório, Francisco Ribacionka.



**Celso Emidio de Barros** é graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, SP, Especialista em Redes pelo Larc – Escola Politécnica – USP e aluno de mestrado em Engenharia Mecatrônica na Escola Politécnica.



**Fábio Gagliardi Cozman** é Professor Titular da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Dept. Engenharia Mecatrônica) desde 2007, tendo ingressado na Escola Politécnica em 1990. Possui graduação em Engenharia Elétrica Modalidade Eletrônica pela Universidade de São Paulo (1989), mestrado em Engenharia pela Universidade de São Paulo (1991), Phd pela Carnegie Mellon University