Pontifícia Universidade Católica
do Rio de Janeiro

Ingrid Oliveira de Nunes

User-centric Preference-based Decision Making

Tese de Doutorado

Thesis presented to the Programa de Pós-Graduação em Informática of the Departamento de Informática, PUC-Rio as partial fulfillment of the requirements for the degree of Doutor em Informática.

Advisor: Prof. Carlos José Pereira de Lucena

Rio de Janeiro
September 2012

Pontifícia Universidade Católica
do Rio de Janeiro

Ingrid Oliveira de Nunes

User-centric Preference-based Decision Making

Thesis presented to the Programa de Pós-Graduação em Informática, of the Departamento de Informática do Centro Técnico Científico da PUC-Rio, as partial fulfillment of the requirements for the degree of Doutor.

Prof. Carlos José Pereira de Lucena
Advisor
Departamento de Informática — PUC-Rio

Prof. Simone Diniz Junqueira Barbosa
Departamento de Informática – PUC-Rio

Prof. Hugo Fuks
Departamento de Informática – PUC-Rio

Prof. Rafael Heitor Bordini
PUC/RS

Prof. Jaime Simão Sichman
USP

Prof. José Eugenio Leal
Coordinator of the Centro Técnico Científico da PUC-Rio

Rio de Janeiro, September 20, 2012

Ingrid Oliveira de Nunes

She has obtained the Master degree in Informatics at the Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro (PUC-Rio), in 2009, Rio de Janeiro, Brazil, and received the degree of Bachelor in Computer Science at the Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), in 2006, Porto Alegre, Brazil. During her Ph.D., she visited the University of Waterloo (Canada), with two three-month research visits, and King's College London (UK) for one year, as part of the CNPq Sandwich Ph.D. Programme. She also worked as a software developer at the e-Core Desenvolvimento de Software company from 2005 to 2007. Her main research interests are multi-agent systems, decision making, preference reasoning and agent-oriented software engineering.

Bibliographic data

Nunes, Ingrid Oliveira de

User-centric Preference-based Decision Making / Ingrid Oliveira de Nunes; orientador: Carlos José Pereira de Lucena. — 2012.

298 f.: il. ; 30 cm

1. Tese (doutorado) — Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática, 2012.

Inclui bibliografia

1. Informática – Teses. 2. Tomada de Decisão. 3. Representação de Preferências. 4. Raciocínio sobre Preferências. 5. Explicação a Usuários. 6. Raciocínio Humano. 7. Sistemas de Suporte à Decisão. I. Lucena, Carlos José Pereira de. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

To my parents, Daltro and Suzana.
To my brothers, Gustavo and Matthias.
I love you all.

Acknowledgments

I must first express my gratitude towards my supervisor, Prof. Carlos Lucena, who is one of the leading Computer Science researchers in Brazil. It was a privilege to have the opportunity to work with him during my master and Ph.D. His guidance was essential to complete this thesis and make me an independent researcher. I also give my sincere thanks to Prof. Michael Luck and Dr. Simon Miles, my supervisors during the sandwich Ph.D. period at King's College London. I am grateful for their insightful comments both in my work and in this thesis, for their support, and for many motivating discussions.

I would like to thank the other members of my examining committee, Prof. Rafael Bordini, Prof. Jaime Sichman, Prof. Simone Barbosa and Prof. Hugo Fuks, for taking the time of reading my thesis and giving me constructive feedbacks. Prof. Simone also contributed to this thesis with fruitful discussions, and had an important role in the work that was the seed of this thesis. Thanks to Prof. Don Cowan for his feedback and making my research visits to University of Waterloo possible.

I would also like to thank all my friends and colleagues from PUC-Rio and King's College London for their help, support and friendship. I will mention some of them, and I apologise for those not explicitly mentioned. Many thanks to Elder Cirilo for our engaging joint work, discussions, and friendship. The research visits to UW would not have been so productive and fun without him. Thanks to Camila Nunes, Francisco Dantas and Isela Macia, who started their Ph.D. at the same time as me, and became wonderful friends and colleagues. A special thanks also goes to Vera Menezes for her friendship and taking care of me during this journey in Rio. Daniele Nantes, Luis Fernando Dalla Santa, and Lina Barakat, thank you for making my period in London so nice. My friends from Porto Alegre, Ana Maria Souza, Daniela Malvasio, Graziela Becker and Paula Kruger, thank you for always being there. I also thank Prof. Carlos Lisbôa and Prof. Maria Lúcia Lisbôa for their friendship and for having encouraged me in some of my important achievements.

I am and will always be extremely grateful to my beloved parents, Daltro Nunes and Suzana Nunes, who raised me and taught me to give priority in my life to the quest for knowledge. Thanks for their love and support throughout my studies and work, and being examples of the kind of person I want to be. I also thank my brothers, Gustavo Nunes and Matthias Nunes, for being so supportive.

In conclusion, I recognise that this research would not have been possible without the financial assistance of CNPq, FAPERJ and CAPES, and infrastructure of the Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro (PUC-Rio) and King's College London, and express my gratitude to those agencies and universities.

Resumo

Nunes, Ingrid Oliveira de; Lucena, Carlos José Pereira de. **Tomada de Decisão baseada em Preferências e centrada no Usuário**. Rio de Janeiro, 2012. 298p. Tese de Doutorado — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A escolha de uma entre um conjunto de opções disponível normalmente requer a resolução de *trade-offs*, contudo esperar que as pessoas avaliem cada uma das opções de um grande conjunto pode ser inviável devido ao tempo e ao esforço cognitivo necessários para realizar tal análise, fazendo com que elas fiquem freqüentemente insatisfeitas com suas escolhas. Sistemas de software podem dar suporte à tomada de decisão humana ou mesmo automatizar esse processo, entretanto existem muitos desafios que estão associados com o oferecimento de tal suporte. Esta tese lida, em particular, com três destes desafios: (i) como representar preferências dos usuários; (ii) como raciocinar sobre estas preferências e tomar decisões; e (iii) como justificar tais decisões. Diferentes abordagens têm sido propostas para a representação e raciocínio sobre preferências qualitativas, mas estas abordagens lidam com um conjunto restrito de tipos de preferências, e portanto não são capazes de processar preferências fornecidas por usuários em muitos cenários realistas. Nesta tese, apresentam-se três principais contribuições. A primeira delas consiste de um novo metamodelo de preferências, o qual foi desenvolvido de acordo com um estudo sobre a expressão de preferências, permitindo a representação de preferências em alto-nível. Segundo, uma nova técnica de tomada de decisão automatizada é proposta, a qual escolhe uma opção de um conjunto de opções disponível baseada em preferências expressas em uma linguagem construída de acordo com o metamodelo proposto, explorando termos da linguagem natural, tais como atos de fala expressivos. A técnica vai além das preferências fornecidas para tomar a decisão através da incorporação de princípios da psicologia, que focam como os humanos tomam decisões, já que as preferências fornecidas tipicamente não são suficientes para resolver *trade-offs* entre as opções disponíveis. Terceiro, apresenta-se uma técnica de geração de explicação, que utiliza modelos construídos pela técnica de tomada de decisão para justificar escolhas, e segue diretrizes e padrões que foram derivados de um estudo sobre explicações a respeito de escolhas, também realizado no contexto desta tese. Um estudo com usuários foi feito para avaliar a abordagem, o qual mostra que (i) a linguagem de preferências é adequada para usuários expressarem suas preferências, que (ii) a técnica de tomada de decisão faz escolhas que os usuários consideram de alta qualidade, e que (iii) as explicações fornecidas permitem que usuários entendam por que a escolha foi feita, bem como melhora a confiança na decisão tomada.

Palavras-chave

Tomada de Decisão. Representação de Preferências. Raciocínio sobre Preferências. Explicação a Usuários. Raciocínio Humano. Sistemas de Suporte à Decisão.

Abstract

Nunes, Ingrid Oliveira de; Lucena, Carlos José Pereira de. **User-centric Preference-based Decision Making**. Rio de Janeiro, 2012. 298p. DSc Thesis — Departmento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Choosing from a set of available options often requires resolution of trade-offs but it can be unfeasible for humans to carefully evaluate each option of a large set due to the required time and cognitive effort. Consequently, they are often unsatisfied with their choices. Software systems can support human decision making or even automate this process, but there are many challenges associated with the provision of such support. In this thesis we deal in particular with three of them: (i) how to represent user preferences; (ii) how to reason about preferences and make decisions; and (iii) how to justify such decisions. Different approaches have been proposed for representing and reasoning about qualitative preferences, but they address a restricted set of preference types, and therefore are not able to process preferences provided by users in many realistic scenarios. This thesis provides three main contributions. First, we introduce a new preference metamodel founded on a study of how humans express preferences, allowing the representation of high-level preferences. Second, we propose an automated decision making technique, which chooses an option from a set available based on preferences expressed in a language based on our metamodel, exploiting natural-language terms. Our technique goes beyond the provided preferences to make a decision with the incorporation of psychology principles, which concern how humans make decisions, as the provided preferences are typically not enough to resolve trade-offs among available options. Third, we present an explanation generation technique, which uses models built by our decision making technique to justify choices, and follows guidelines and patterns that we derived from a study of choice explanation. A user study was performed to evaluate our approach, which shows that (i) our preference language is adequate for users to express their preferences, (ii) our decision making technique makes choices that users consider as having good quality, and (iii) the provided explanations allow users to understand why the choice was made and improves the confidence in the decision.

Keywords

Decision making. Preference Representation. Preference Reasoning. User Explanations. Human Reasoning. Decision Support Systems.

Table of Contents

List of Figures

List of Tables

Abbreviation and Acronym List

AI artificial intelligence

AMVF additive multi-attribute value function

AVPO attribute value partial order

BMO Best-Matches-Only

CSP Constraint Satisfaction Problem

CIT conditional importance table

CPT conditional preference table

DAG directed acyclic graph

EAF Extended Argumentation Framework

EBNF Extended Backus Naur Form

ES Expert System

GA generalised additive

GAI generalised additive independence

GEA Generator of Evaluative Arguments

GQM goal-question-metric

IVA Interpretive Value Analysis

MAUT Multi-Attribute Utility Theory

OAPM Options-Attribute Preference Model

OVF optimal value function

PSM Preference Satisfaction Model

SCSP Soft Constraint Satisfaction Problem

SE Software Engineering

SLO Soft-constraint Lexicographic Ordering

SVM Support Vector Machines

UML Unified Modeling Language

UF utility function