

PREFERENCE-BASED SEARCH WITH SUGGESTIONS

THÈSE N° 3876 (2007)

PRÉSENTÉE LE 14 SEPTEMBRE 2007

À LA FACULTÉ INFORMATIQUE ET COMMUNICATIONS

Laboratoire d'intelligence artificielle

SECTION D'INFORMATIQUE

ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

POUR L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES

PAR

Paolo VIAPPIANI

laurea in ingegneria informatica, Politecnico di Milano, Italie
et de nationalité italienne

acceptée sur proposition du jury:

Prof. A. Wegmann, président du jury

Prof. B. Faltings, directeur de thèse

Prof. J. Huang, rapporteur

Dr J. Lang, rapporteur

Dr M. Stolze, rapporteur



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Lausanne, EPFL

2007

Abstract

The internet provides an unprecedented variety of opportunities to people. Whether looking for a place to go on vacation, an apartment to rent, or a PC to buy, the potential customer is faced with countless possibilities. Most people have difficulty finding exactly what they are looking for, and the current tools available for searching for desired items are widely considered inadequate. Search engines can be very effective in locating items if users provide the correct queries. However, most users do not know how to map their preferences to a query that will find the item that most closely matches their requirements.

In this thesis, we aim at supporting users to make sound decisions while accessing an online electronic catalog, a task that we call preference-based search. We consider how biases typical of human decision making can arise with traditional web tools (as forms that ask the user to answer a list of questions). With user studies we show that common interfaces induce the users to state incorrect preferences due to means-objectives, leading to poor decision accuracy.

In many cases, users searching for products or information are not very familiar with the available items and their characteristics. According to behavioral decision theory, their preferences are not well established, but *constructed* while learning about the possibilities. We explore the use of interactive search tools for helping the user make accurate decisions. In particular, we consider an example-critiquing, a technique for enabling users to incrementally construct preference models by critiquing example options that are presented to them.

We present novel techniques for improving the example-critiquing technology by adding *suggestions* to its displayed options. Suggestions have the goal of making the user aware of its true preferences, supporting the psychological process of preference construction. According to our experience, most of the preferences (79%) emerge from positive critiques that identify an opportunity that the user had not considered before.

Our model-based suggestions are produced based on an analysis of users' current preference model and their potential hidden preferences. The intuition behind this approach is that suggestions should be options that have a high probability of becoming optimal when a new preference is stated. The uncertainty over the user model is represented by probabilistic distributions over the possible preferences that the user might have.

We evaluate the performance of our model-based suggestion techniques with both simulated and real users. User studies showed that interactive tools with suggestions provided by my model achieve higher decision accuracy.

We consider how to improve the interaction with the user, where at each cycle of the interaction the system provides suggestions that are adapted, learning from the user's past actions and can consider prior knowledge. We discuss how to efficiently implement preference-based search in practice, both in databases and in configurable catalogs (where the options are constructed from a set of constraints; the set of feasible configurations can be extremely large).

Keywords: preferences, search, decision aid tools, preference elicitation, mixed-initiative tools, suggestions, personalized tools, adaptation.

Sommario

Internet permette opportunità senza precedenti. Tramite il commercio elettronico gli utenti possono organizzare una vacanza, trovare un appartamento, comprare un PC, etc. Le possibilità sono innumerevoli, ma maggiori sono le alternative offerte e maggiori sono le difficoltà nel trovare esattamente quello che si sta cercando. In realtà gli attuali strumenti di ricerca sono considerati da molti inadeguati: i motori di ricerca basati su parole chiave sono poco utili per la ricerca di oggetti strutturati mentre le comuni interfacce per interrogare i database sono efficaci solamente se la query è corretta. Purtroppo la maggior parte degli utenti non sa come tradurre le proprie preferenze in una query in grado di trovare l'oggetto che si avvicina di più alle proprie preferenze.

In questa tesi, si ricerca una modalità di supporto per gli utenti di un catalogo elettronico che devono compiere una scelta, un'attività che chiamiamo *ricerca basata su preferenze*. Consideriamo come certi effetti devianti del ragionamento umano studiati dalla psicologia e dalla teoria delle decisioni comportamentale si manifestano nell'utilizzo degli strumenti di ricerca tradizionali. Con delle valutazioni sperimentali, mostriamo come le più comuni interfacce inducono l'utente ad esprimere preferenze incorrette, dovute ad *obiettivi secondari*, portando a scelte di scarsa qualità.

In molti casi, gli utenti che cercano dei prodotti o delle informazioni non hanno familiarità con le alternative offerte e le loro caratteristiche. Sempre secondo la teoria delle decisioni comportamentale, le preferenze non sono innate, ma si costruiscono sulla base di un processo di apprendimento. Sulla base di queste considerazioni, consideriamo l'utilizzo di strumenti interattivi per aiutare l'utente nell'effettuare delle scelte accurate. In particolare consideriamo *example-critiquing*, una tecnica per permettere all'utente di costruire incrementalmente il proprio modello di preferenze tramite critiche a agli esempi proposti di volta in volta dal sistema.

Presentiamo una nuova strategia per migliorare la tecnologia di *example-critiquing* aggiungendo un insieme di suggerimenti nell'elenco di esempi visualizzato. Questi suggerimenti hanno l'obiettivo esplicito di aumentare la consapevolezza dell'utente delle proprie preferenze, coerentemente con il processo cognitivo di costruzione delle preferenze. Sulla base dei nostri studi, la maggior parte delle preferenze (79%) emerge da critiche positive che identificano una nuova opportunità che l'utente non aveva considerato prima.

I nostri *suggerimenti basati sul modello* sono prodotti sulla base dell'analisi dell'attuale

modello delle preferenze dell'utente e le possibili preferenze nascoste. L'intuizione è che i suggerimenti dovrebbero essere alternative che hanno un'alta probabilità di divenire ottimali se una nuova preferenza viene considerata. L'incertezza sul modello dell'utente è rappresentata da distribuzioni di probabilità sul campo delle possibili preferenze che l'utente potrebbe avere.

Abbiamo valutato le nostre tecniche per generare suggerimenti sia con simulazioni, sia con esperimenti con utenti reali. Questi ultimi mostrano come i nostri strumenti interattivi con suggerimenti ottengono una accuratezza decisionale maggiore sia rispetto alle comuni interfacce basate su domande, sia rispetto agli stessi sistemi interattivi senza suggerimenti.

Successivamente, la tesi discute come migliorare l'interazione con l'utente, dove ad ogni ciclo gli esempi mostrati all'utente vengono adattati, apprendendo dalle passate reazioni dell'utente; il contributo di una possibile conoscenza a-priori (ottenuta da utilizzi precedenti dello strumento) viene considerato. Discutiamo poi il problema dell'implementazione e della scalabilità di un sistema di ricerca basato su preferenze, sia nei cataloghi che sono rappresentati da una base di dati (dove le alternative sono accessibili attraverso un gestore di database), sia in problemi di configurazione (dove le alternative vengono costruite sulla base di vincoli tra diverse parti; l'insieme delle configurazioni possibili può essere estremamente grande).

Parole chiave: preferenze, ricerca, strumenti di supporto per le decisioni, apprendimento delle preferenze, strumenti interattivi, suggerimenti, strumenti personalizzati, adattabilità.

Contents

1	Introduction	3
1.1	Preferences, choices and decisions	4
1.2	Decision making in Electronic Catalogs	7
1.3	Approaches to Preference-based search	10
1.4	Diversity and Suggestions	10
1.5	From Information Systems to Personalized Systems	11
1.6	Objective and Contributions	13
1.7	Overview	13
2	Preference-based search problems	15
2.1	Introduction	15
2.2	Objectives for preference-based search tools	16
2.3	Tools for preference-based search	18
2.3.1	Utility-based tools	20
2.3.2	Mixed Initiative Systems and Example-based tools	25
2.3.3	Navigation based tools (Example-critiquing without preference model)	26
2.3.4	Example-critiquing with preference model	29
2.3.5	Needs-oriented search	33
2.3.6	Visualization tools	35
2.3.7	Conversational recommenders and Dialogue-based approaches	36
2.3.8	Recommender systems based on implicitly elicited preferences: demographic, content and collaborative filtering	38
2.4	Biases in Human Decision Making	39
2.4.1	The means-objectives in Form-filling	42
2.4.2	The prominence effect when evaluating trade-offs	45
2.4.3	The anchoring effect in example-based tools	46
2.5	Effective Interaction Principles	46
2.5.1	Examples	47
2.5.2	Preference Modeling	50
2.5.3	Generating Candidate Choices	52

2.6	Related work on preference representation	53
2.7	Summary	55
3	Example Critiquing with Suggestions	57
3.1	Incremental preference model acquisition	57
3.1.1	The need for suggestions	58
3.2	Model-based suggestions	61
3.2.1	Assumptions about the Preference Model	61
3.2.2	Qualitative Notions of Optimality	63
3.2.3	Model-based Suggestion Strategies	65
3.2.4	Examples	73
3.2.5	Optimizing a Set of Several Suggestions	75
3.2.6	Complexity	76
3.3	Experimental results with Simulations	77
3.4	Related work on diversity	82
3.5	Flatfinder: a prototype	83
3.5.1	A use case	85
3.6	K-steps look-ahead	87
3.7	Considering conditional preferences	87
3.8	Summary	88
4	Evaluation of suggestions with real users	91
4.1	Terminology	93
4.2	Suggestions lead to more complete preference models in Example-critiquing	94
4.2.1	Between groups	95
4.2.2	Within group	96
4.2.3	Discussion	97
4.3	Online User Study	97
4.4	The decision accuracy of Example-critiquing	99
4.4.1	Decision accuracy improves with suggestions	101
4.4.2	Preference enumeration improves accuracy	103
4.4.3	Mediation analysis	105
4.4.4	Other observations	105
4.5	Decision accuracy of example critiquing and form filling	106
4.5.1	Between groups	107
4.5.2	Within group	109
4.5.3	More preference revisions lead to more accurate choices	110
4.5.4	Relation between price and decision accuracy	111
4.5.5	Subjective evaluation	112
4.5.6	Discussion	114
4.6	An empirical evaluation of the Lookahead principle	115

4.7	Summary	117
5	Scalable tools for Preference-based search	119
5.1	Introduction	119
5.2	Generation of Candidates	120
5.3	Generation of Suggestions	121
5.4	Scalable strategies for suggestions	122
5.4.1	Evaluation of the Approximations	125
5.5	Prototype Implementation	126
5.6	Discussion	127
6	Preference-based search for Configurable Products	129
6.1	Modeling electronic catalogs as CSPs	129
6.1.1	Discussion	131
6.2	Candidate solutions	132
6.3	Generating suggestions for configurable catalogs	133
6.4	Top-escape strategy for suggestions	133
6.4.1	Uncertainty in the preference model	134
6.4.2	Probabilistic Constraint Optimization	134
6.4.3	How to compute top-escape suggestions	135
6.4.4	Execution time	136
6.5	Variants and Improvements	137
6.5.1	Lex-Top-Cost strategy	137
6.5.2	Iterative strategy	137
6.6	Example	139
6.7	Evaluation	142
6.8	Related works	142
6.8.1	Best expected solutions	143
6.8.2	Max Regret	144
6.9	Conclusion	144
7	Adaptive suggestions	147
7.1	Adaptive preference elicitation	147
7.2	Prior distribution	148
7.2.1	Prior distribution for FlatFinder	149
7.3	Adaptive model-based suggestions	150
7.3.1	Belief Update	151
7.3.2	Algorithm for belief update	152
7.4	Evaluation	152
7.4.1	The effect of prior knowledge	153
7.4.2	Simulating a real user	153

7.5	Other related works on learning from observations	156
7.6	Conclusion	157
8	Conclusion	159
8.1	Contributions	159
8.1.1	Mixed-initiative interaction versus questions/answering	160
8.1.2	Model based suggestions	160
8.1.3	Scalable preference-based search tools	161
8.1.4	Adaptation	161
8.2	Limitations	162
8.3	Current and further research directions	163
8.3.1	Collective preference-based search	163
8.3.2	Recommendations as marketing tools	164
8.3.3	Web services and Personal agents	164
8.3.4	Relational Bayesian models	165
8.3.5	Interactions in a social web	165
8.3.6	Integration with open constraint programming	166
8.3.7	Understanding user behavior	166
8.4	Conclusion	167
A	Soft constraints frameworks	169
A.1	Extensions of the constraint satisfaction problems	169
A.2	The semiring formulation	171
A.3	Branch and Bound	172
A.3.1	Prospective strategies	172
	Bibliography	175