

PROGETTO DI RICERCA - MODELLO A
Anno 2008 - prot. 20089M932N

1 - Titolo del Progetto di Ricerca

Testo italiano

Approcci innovativi e multi-disciplinari per ragionamento con vincoli e preferenze

Testo inglese

Innovative and multi-disciplinary approaches for constraint and preference reasoning

2 - Area Scientifico-disciplinare

01: Scienze matematiche e informatiche 100%

3 - Settori scientifico-disciplinari interessati dal Progetto di Ricerca

INF/01 - Informatica

3 bis Settori di ricerca ERC (European Research Council) interessati dal Progetto di Ricerca

PE Mathematics, physical sciences, information and communication, engineering, universe and earth sciences

PE5 Information and communication: informatics and information systems, computer science, scientific computing, communication technology, intelligent systems

PE5_8 Intelligent systems

PE5_7 Theoretical computer science

4 - Parole chiave

Testo italiano

*PROGRAMMAZIONE CON VINCOLI
RAGIONAMENTO CON PREFERENZE*

Testo inglese

*CONSTRAINT PROGRAMMING
PREFERENCE REASONING*

5 - Coordinatore Scientifico

ROSSI

FRANCESCA

Professore Ordinario

07/12/1962

RSSFNC62T47A271Z

Università degli Studi di PADOVA

Facoltà di SCIENZE MATEMATICHE FISICHE e NATURALI

Dipartimento di MATEMATICA PURA E APPLICATA

*049/8271482
(Prefisso e telefono)*

*049/8271499
(Numero fax)*

frossi@math.unipd.it

6 - Curriculum scientifico

Testo italiano

Francesca Rossi è professore ordinario di Informatica presso il Dipartimento di Matematica Pura ed Applicata dell'Università di Padova da Marzo 2001. Precedentemente (1998-2001) era professore associato presso lo stesso dipartimento, e dal 1992 al 1998 era ricercatore presso il Dipartimento di Informatica dell'Università di Pisa, dove ha anche ottenuto il suo dottorato di ricerca in Informatica nel 1993. Ha passato diversi periodi all'estero, tra cui 18 mesi all'MCC (Austin, TX), e vari periodi brevi alla NEC (Princeton, NJ), al Weizmann Institute (Rehovot, Israele), ai Bell Communication Research Labs (NJ, USA), e a Xerox PARC (Menlo Park, CA, USA).

I suoi interessi di ricerca vanno dall'Intelligenza Artificiale ai Linguaggi di Programmazione alla social choice, con particolare attenzione alla programmazione con vincoli, agli algoritmi di soluzione di vincoli, e alle preferenze. Ha anche lavorato su semantica, grammatiche per grafi, programmazione logica, reti di Petri.

È nel comitato editoriale della rivista "Constraints" della Kluwer, ed è associate editor della rivista Journal of AI Research (JAIR). Ha organizzato workshops relativi alla sua area di ricerca, nel 1998 è stata conference chair della conferenza internazionale su vincoli e nel 2003 program chair della stessa conferenza. È stata presidente dell'associazione internazionale sulla programmazione con vincoli (ACP) dal 2003 al 2007. Partecipa regolarmente ai comitati di programma di molte conferenze internazionali di Intelligenza Artificiale e Programmazione con Vincoli.

Ha pubblicato più di 100 articoli, tra riviste internazionali, capitoli di libri, atti di conferenze o workshop internazionali con revisione, e ha curato l'edizione di vari volumi, tra cui l'handbook della programmazione con vincoli (Elsevier, 2006). È un fellow dell'ECCAI.

Testo inglese

Francesca Rossi is full professor of Computer Science at the Department of Pure and Applied Mathematics of the University of Padova since March 2001. Previously she has been associate professor in the same department (1998-2001) and from 1992 to 1998 she has been assistant professor at the Computer Science Department of the University of Pisa, where she also obtained her Ph.D. in Computer Science in 1993. She has spent several visiting periods abroad, among which 18 months at MCC (Austin, TX), and various short periods at NEC (Princeton, NJ), at the Weizmann Institute (Rehovot, Israel), at Bell Communication Labs (NJ), and at Xerox PARC (Menlo Park, CA).

Her research interests range from Artificial Intelligence to Programming Languages to social choice, with particular attention to constraint programming, constraint solution algorithms, and preferences. She has also worked on language semantics, graph grammars, logic programming, and Petri nets.

She belongs to the editorial board of the journal "Constraints" by Kluwer and she is associate editor of the Journal of AI Research (JAIR). She has organized several workshops, in 1998 she has been the conference chair of the international conference on constraint programming (CP 1998), and in 2003 she has been program chair of the same conference (CP 2003). Moreover, she has been the president of the association for constraint programming (ACP) in 2003-2007. She regularly participates in several program committees of many international conferences of Artificial Intelligence and Constraint Programming.

She has published over 100 articles, in international journals, book chapters, proceedings of international conferences or workshops. She has edited several volumes, among which the Handbook of Constraint Programming (Elsevier, 2006). She is an ECCAI fellow.

7 - Pubblicazioni scientifiche più significative del Coordinatore Scientifico

1. MARIA SILVIA PINI, F. ROSSI, K. BRENT VENABLE, TOBY WALSH (2009). Manipulation and gender neutrality in stable marriage procedures. In: Proc. AAMAS 2009. Budapest, May 10-15, 2009
2. RINA DECHTER, MARIA SILVIA PINI, F. ROSSI, K. BRENT VENABLE (2009). Robust solutions in unstable optimization problems. Recent Advances in Constraints 2009.
3. K. R. APT, F. ROSSI, K. B. VENABLE (2008). A comparison of the notions of optimality in soft constraints and graphical games. Recent advances in constraints. vol. 5129, Springer LNAI
4. M. GELAIN, M. S. PINI, F. ROSSI, K. B. VENABLE, T. WALSH (2008). Elicitation strategies for fuzzy constraint problems with missing preferences: algorithms and experimental studies. In: Proc. CP 2008. Sydney, Australia, September 14-18, 2008, vol. 5202, ISBN/ISSN: 0302-9743
5. M. S. PINI, F. ROSSI, K. B. VENABLE, T. WALSH (2008). Dealing with incomplete agents' preferences and an uncertain agenda in group decision making via sequential majority voting. In: Proceedings KR 2008. Sydney, Australia, September 2008
6. F. ROSSI, MARIA SILVIA PINI, M. GELAIN, KRISTEN BRENT VENABLE (2007). Dealing with incomplete preferences in soft constraint problems. In: Proc. CP 2007. Providence, RI, USA, Sept. 2007/Springer, vol. LNCS 4741
7. L. KHATIB, P. MORRIS, R. MORRIS, F. ROSSI, A. SPERDUTI, K. BRENT VENABLE (2007). Solving and learning a tractable class of soft temporal problems: theoretical and experimental results. AI COMMUNICATIONS, ISSN: 0921-7126
8. M. S. PINI, F. ROSSI, KRISTEN BRENT VENABLE, STEFANO BISTARELLI (2007). Bipolar preference problems: framework, properties and solving techniques. Recent advances in constraints 2006. vol. LNCS 4651, Springer
9. M.S. PINI, F. ROSSI, K. VENABLE, T. WALSH (2007). Incompleteness and incomparability in preference aggregation. In: Proc. IJCAI 2007. Hyderabad, India, January 2007/AAAI Press
10. S. BISTARELLI, F. ROSSI, MARIA SILVIA PINI, FRANCESCA ROSSI, KRISTEN BRENT VENABLE (2007). Uncertainty in bipolar preference problems. In: Proc. CP 2007. Providence, RI, USA, Sept. 2007/Springer, vol. LNCS 4741
11. C. DOMSHLAK, S. PRESTWICH, F. ROSSI, K. B. VENABLE, T. WALSH (2006). Hard and soft constraints for reasoning about qualitative conditional preferences. JOURNAL OF HEURISTICS, vol. 4-5; p. 263-285, ISSN: 1381-1231
12. F. ROSSI, K. B. VENABLE AND N. YORKE-SMITH (2006). Uncertainty in soft temporal constraint problems: a general framework and controllability algorithms for the fuzzy case. THE JOURNAL OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE RESEARCH, vol. 27; p. 617-674, ISSN: 1076-9757
13. F. ROSSI, M. S. PINI, K. B. VENABLE, T. WALSH (2006). Strategic voting when aggregating partially ordered preferences. In: AAMAS 2006 (5th international joint conference on autonomous agents and multiagent systems)
14. F. ROSSI, P. VAN BEEK, T. WALSH (a cura di) (2006). Handbook of constraint programming. Elsevier, ISBN: 978-0-444-52726-4
15. P. MESEGUER, T. SCHIEX, F. ROSSI (2006). Soft constraints. Handbook of Constraint Programming. Elsevier, ISBN/ISSN: 978-0-444-52726-4
16. M. S. PINI, F. ROSSI, K. B. VENABLE (2005). Possibility theory for reasoning about uncertain soft constraints. In: ECSQARU 2005
17. S. PRESTWICH, F. ROSSI, K. B. VENABLE, T. WALSH (2005). Constraint-based Preferential Optimization. In: AAAI 2005
18. F. ROSSI, A. SPERDUTI (2004). Acquiring both constraint and solution preferences in interactive constraint systems. CONSTRAINTS, vol. 9; p. 311-332, ISSN: 1383-7133
19. F. ROSSI, K. B. VENABLE, N. YORKE-SMITH (2004). Controllability of Soft Temporal Constraint Problems. In: Principles and practice of constraint programming (CP 2004), Ottobre 2004, ISBN/ISSN: 0302-9743
20. F. ROSSI, K. B. VENABLE, T. WALSH (2004). mCP nets: representing and reasoning with preferences of multiple agents. In: AAAI 2004
21. M. S. FRANZIN, E. C. FREUDER, F. ROSSI, R. WALLACE (2004). Multi-agent meeting scheduling with preferences: efficiency, privacy loss, and solution quality. COMPUTATIONAL INTELLIGENCE, vol. v. 20 (n. 2); p. 264-286, ISSN: 0824-7935
22. S. BISTARELLI, T. FRUEHWIRTH, M. MARTE, F. ROSSI (2004). Soft Constraint Propagation and Solving in Constraint Handling Rules. COMPUTATIONAL INTELLIGENCE, vol. 20; p. 287-307, ISSN: 0824-7935
23. C. DOMSHLAK, F. ROSSI, K. B. VENABLE, T. WALSH (2003). Reasoning about soft constraints and conditional preferences: complexity results and approximation techniques. In: IJCAI 2003 - International Joint Conference on Artificial Intelligence, August 2003, p. 215-220
24. N. YORKE-SMITH, K. B. VENABLE, F. ROSSI (2003). Temporal Reasoning with Preferences and Uncertainty. In: IJCAI2003 -- International Joint Conference on Artificial Intelligence, p. 1385-1386

25. STEFANO BISTARELLI, ROSELLA GENNARI, F. ROSSI (2003). *General Properties and Termination Conditions for Soft Constraint Propagation*. *CONSTRAINTS*, vol. 8 (1); p. 79-97, ISSN: 1383-7133
26. BISTARELLI, U. MONTANARI, F. ROSSI (2002). *Soft Concurrent Constraint Programming*. In: *ESOP 2002 - European Symposium on Programming*, p. 53-67
27. F. ROSSI, A. SPERDUTI, K.B. VENABLE, L. KHATIB, P. MORRIS, R. MORRIS (2002). *Learning and Solving Soft Temporal Constraints: An Experimental Study*. In: *CP: International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming*, p. 249-263
28. S. BISTARELLI, P. CODOGNET, F. ROSSI (2002). *Abstracting Soft Constraints: Framework, Properties, Examples*. *ARTIFICIAL INTELLIGENCE*, vol. 139; p. 175-211, ISSN: 0004-3702
29. S. BISTARELLI, U. MONTANARI, F. ROSSI (2002). *Soft Constraint Logic Programming and Generalized Shortest Path Problems*. *JOURNAL OF HEURISTICS*, vol. 8; p. 25-41, ISSN: 1381-1231
30. BISTARELLI S., MONTANARI U., F. ROSSI (2001). *Semiring-based constraint logic programming: syntax and semantics*. *ACM TRANSACTIONS ON PROGRAMMING LANGUAGES AND SYSTEMS*, vol. 23, 1; p. 1-29, ISSN: 0164-0925

8 - Elenco delle Unità operative

Unità	Responsabile dell'Unità di Ricerca	Qualifica	Ente	Disponibilità temporale indicativa prevista	
				1° anno	2° anno
I	ROSSI Francesca	Professore Ordinario	Università degli Studi di PADOVA	43	43
II	DOVIER Agostino	Professore Associato confermato	Università degli Studi di UDINE	65	55
III	GABBRIELLI Maurizio	Professore Ordinario	Università degli Studi di BOLOGNA	50	39
IV	BISTARELLI Stefano	Professore Associato non confermato	Università degli Studi di PERUGIA	47	56
V	CESTA Amedeo	Primo ricercatore	Consiglio Nazionale delle Ricerche	29	29

9 - Abstract del Progetto di Ricerca

Testo italiano

Vincoli e preferenze sono ovunque nella vita di tutti i giorni. Quindi ogni moderno sistema di ragionamento automatico deve essere in grado di gestire tali concetti in modo efficiente e flessibile. Il miglioramento di tecniche basate su vincoli e preferenze, sulla base di approcci innovativi, è quindi essenziale. E' anche importante però utilizzare approcci multi-disciplinari, che sfruttino e adattino nozioni e tecniche di altre aree di ricerca a questo campo.

Questo progetto mira a soddisfare entrambe queste esigenze. Lo scopo principale è infatti sia quello di migliorare tecniche classiche di ragionamento con vincoli e preferenze, e anche di proporre approcci innovativi basati su conoscenza multi-disciplinare. Il lavoro complessivo nell'ambito del progetto sarà guidato dalle applicazioni, anche se la maggior parte del lavoro sarà teorico o sperimentale. Ci focalizzeremo su alcune aree applicative per mostrare dei casi di studio dove le nostre tecniche possono portare un miglioramento significativo allo stato dell'arte attuale, e anche per ottenere importanti informazioni su dove indirizzare i nostri sforzi ed i nostri sforzi di ricerca.

In particolare, intendiamo sviluppare nuovi formalismi per modellare le preferenze e sviluppare nuove tecniche di per risolvere problemi con vincoli, preferenze, ed incertezza. Il lavoro riguardo alle tecniche di soluzione si focalizzerà sui vincoli globali, che sono un ingrediente fondamentale di qualunque risolutore efficiente, e anche sulle tecniche di ricerca ibrida, che combinano ricerca sistematica e locale. Studieremo anche linguaggi di programmazione basati su vincoli, come CLP e CC, con l'intento di modellare preferenze e vincoli in modi più compatti e diretti. Intendiamo anche ottenere nuovi risultati nell'ambito del ragionamento temporale e con preferenze, incluse le logiche temporali, che sono molto utili in vari scenari applicativi. Saranno studiate anche le preferenze multi-agente, con lo scopo di migliorare e generalizzare metodi esistenti di aggregazione di preferenze, possibilmente sfruttando utili sinergie con altre aree di ricerca come la teoria dei giochi e la teoria dei voti computazionale. Infine, ci focalizzeremo su alcuni scenari applicativi, come la pianificazione e la schedulazione di attività, alcuni problemi legati alla biologia, la qualità dei servizi in ambito web, e la computazione orientata ai servizi.

Il progetto contiene cinque unità di ricerca. Tutti i responsabili delle unità di ricerca, come anche molti dei membri di tali unità, sono conosciuti e stimati internazionalmente per i loro risultati scientifici nell'ambito di uno o più aspetti del ragionamento con vincoli o preferenze. Le competenze delle cinque unità di ricerca sono diverse e complementari. Questo progetto permetterà alle unità di ricerca di sfruttare l'infrastruttura del progetto per migliorare la collaborazione e l'integrazione del loro lavoro. Questo è cruciale al fine di ottenere miglioramenti significativi nell'ambito del ragionamento con vincoli e preferenze.

Testo inglese

Constraints and preferences are ubiquitous in everyday life. Thus any modern reasoning engine has to be able to deal efficiently and with flexibility with such notions. The advancement of core constraint- and preference-based techniques, on the base of innovative approaches, is therefore essential. It is also crucial to rely on multi-disciplinary approaches, that exploit and adapt existing notions and techniques from other research areas.

This project aims at addressing both needs. The main goal is in fact to both advance several mainstream constraint and preference reasoning techniques, and also to propose innovative approaches based on multi-disciplinary knowledge. The overall work will be application-driven, although most of the work will be theoretical or experimental. We will however focus on some application areas to show some case studies where our techniques can bring a significant advance in the state of the art, and to obtain crucial information about where to direct our research efforts.

In particular, we plan to develop new preference-based modelling formalisms, as well as new solving techniques for problems with constraints, preferences, and uncertainty. The work regarding the solving techniques will focus on global constraints, which are a crucial ingredient in any efficient solver, and also on hybrid search techniques, that combine systematic and local search. We will also study constraint-based languages such as CLP and CC, with the aim to model preferences and constraints more directly and compactly. We also plan to advance the state of the art in temporal constraint and preference reasoning, including temporal logics, that are useful in many application scenarios. Multi-agent preferences will also be studied, with the goal to improve and generalize current aggregation methods, possibly by exploiting useful synergies with other research areas such as game theory and computational social choice. Finally, we will also focus on specific application scenarios, such as planning and scheduling, biological problems, quality of service, and service-oriented computing.

The project contains five research units. All the research unit leaders, as well as most of the members of such units, are well-known internationally for their previous work on several aspects on constraint or preference reasoning. The competences of the five research units are different and complementary. This project will allow

these units to exploit the project infrastructure in order to improve the collaboration and integration of their work. This is crucial to obtain significant advancements to the state of the art in constraint and preference reasoning.

10 - Obiettivi finali che il Progetto si propone di raggiungere

Testo italiano

Gli obiettivi di questo progetto si possono organizzare secondo le seguenti linee di ricerca:

Ragionamento basato su vincoli e preferenze:

Il primo obiettivo di questa linea di ricerca è lo sviluppo e l'implementazione di un framework unificante basato su vincoli che permetta di inglobare tutti i differenti tipi di preferenze, ragionare con tipi diversi di incertezza e di trovare soluzioni sia ottime che robuste. Il secondo obiettivo è quello di usare i vincoli globali e la ricerca locale per risolvere in modo efficiente problemi quali la determinazione della struttura delle proteine, la deduzione dell'aplotipo, l'allineamento dell'RNA, e la schedulazione di turni e di operazioni produttive.

Inoltre, partendo dalla piattaforma aperta di programmazione a vincoli GECODE e dallo strumento parametrico per la ricerca locale EasyLocal, si desidera studiare e realizzare un risolutore di vincoli che combini opportunamente le tecniche di Constraint Programming e di Local search, in grado di ragionare sia su domini finiti che infiniti quali i numeri reali.

Linguaggi di programmazione basati su vincoli:

Ci si aspetta di estendere i paradigmi CLP e CC (concurrent constraint programming) al fine di ottenere linguaggi più appropriati per le applicazioni di nostro interesse. Le estensioni devono permettere maggiore espressività ed efficienza e in particolare vorremmo progettare un ambiente CLP con domini composti e vincoli più sofisticati di quelli presenti nei modelli esistenti. Inoltre intendiamo migliorare degli strumenti recentemente sviluppati basati su CP per l'esecuzione di linguaggi per la rappresentazione della conoscenza, ed in particolare per i cosiddetti answer set programs (ASP). Desideriamo inoltre estendere CC con l'aggiunta di vincoli soft e temporali, così come con primitive di tipo stocastico, per ottenere linguaggi mirati a campi applicativi quali Quality of Services, Architetture Service Oriented, e Bioinformatica. Intendiamo infine sviluppare metodologie e strumenti basati sulla trasformazione di programmi per la verifica automatica, la sintesi e l'ottimizzazione di sistemi software.

Ragionamento temporale:

Vincoli di natura temporale e spaziale caratterizzano una molteplicità di domini applicativi e possono essere espressi in modo preciso e uniforme attraverso formalismi logici. Recenti risultati per frammenti espressivi e decidibili hanno risvegliato un significativo interesse nello studio di alcune logiche spaziali e temporali. Nel presente progetto, ci concentreremo sul problema di estendere tali logiche con vincoli di natura quantitativa, ad esempio, sulla durata di eventi o sulla lunghezza di intervalli.

Lo scopo della ricerca su vincoli temporali è estendere le classi esistenti di problemi che ammettono incertezza disgiuntiva con variabili non controllabili, come pure estendere gli esistenti framework per vincoli temporali con incertezza condizionale e preferenze. Vogliamo anche sviluppare un risolutore per problemi temporali con variabili incontrollabili e preferenze che possono cambiare dinamicamente, capace di trovare soluzioni ottime con differenti gradi di controllabilità. L'obiettivo è integrare tale risolutore in strumenti per applicazioni in ambito aero-spaziale e tecnologie per l'assistenza a persone anziane.

Preferenze in ambito multi-agente:

Il primo obiettivo di questa linea di ricerca è la progettazione di metodi efficienti per trovare i risultati maggiormente preferiti in ambienti dove preferenze e vincoli sono espressi da più agenti. Vogliamo anche fornire una caratterizzazione di metodi di aggregazione tramite proprietà come fairness (equità) e manipolabilità, e una analisi computazionale di manipolazione e aggregazione che permetta di scegliere il metodo migliore per ciascuna applicazione.

Un altro obiettivo è la progettazione di metodi capaci di gestire l'incertezza nel modo in cui le preferenze sono aggregate, come pure nelle preferenze di singoli agenti, e investigare l'impatto dell'incertezza sulla fairness e la manipolazione. Intendiamo anche generalizzare l'ambito dei problemi di matching a rappresentazioni compatte di preferenze ed incertezza dato che, in questo modo, si incrementano enormemente le potenzialità sia teoriche che pratiche di questo approccio. Abbiamo anche intenzione di fornire le basi per applicazioni in scenari di intelligenza artificiale e, in questa direzione, ci proponiamo di progettare un risolutore completo per problemi di matching con indifferenza ed incompletezza quando le preferenze sono modellate in maniera compatta.

Applicazioni:

Si desidera estendere il risolutore di vincoli COLA, sviluppato nell'ambito di un precedente progetto per il problema del protein folding, per ottenere un risolutore di vincoli su spazio 3D e grado di discretizzazione parametrico che risulti utilizzabile da biologi e biotecnologi anche per altre applicazioni.

Inoltre, vogliamo rappresentare reazioni biochimiche come processi in un linguaggio CC esteso (stocastico/soft/temporale/nonmonotono). Come primo passo pensiamo di analizzare specifiche reazioni biochimiche di interesse in campo farmacologico e in clinica. Dopo la fase di modellizzazione nel linguaggio, pensiamo di studiare apposite estensioni della logica temporale per analizzare il comportamento dei sistemi.

Per quanto riguarda QoS e SOC, l'obiettivo principale è quello di avere delle metodologie per permettere ai partecipanti di convergere, attraverso un processo di negoziazione, su un accordo formale definito come Service Level Agreement (SLA), che specifica il contratto che deve essere rispettato. I vantaggi principali nel rappresentare la QoS con i vincoli (soft) riguardano la possibilità di usare risolutori efficienti per controllare le proprietà dei contratti e nella presenza di preferenze (o costi) direttamente ospitate nel linguaggio. Oltre ai classici attributi di QoS, considereremo due nuovi aspetti: trust e fairness. In particolare, l'aspetto di fairness considererà una percezione "soggettiva" della qualità del servizio e saranno utilizzati alcuni indici economici e misure di benessere sociale.

Un ulteriore obiettivo di questa linea di ricerca è quello di estendere ed implementare una nuova versione dell'architettura software TRF che consentirà una trattazione più robusta al problema della integrazione di planning e scheduling, sfruttando la visione unificante basata sul concetto di timeline. Si vogliono anche realizzare nuove versioni di alcuni risolutori associati alla architettura generale, che sarà quindi in grado di trattare problemi di scheduling e planning più complessi e maggiormente rappresentativi di quelli incontrati in domini reali. L'uso combinato delle nuove versioni del TRF e dei nuovi risolutori supporterà attività di ricerca nell'ambito dell'incertezza in fase di esecuzione, la sintesi di spiegazioni automatiche orientate all'utente, e il modello e lo studio di preferenze nel problem solving.

Testo inglese

The objectives of this project can be organized along the following lines:

Reasoning with constraints and preferences:

The main goal within this line is the development and implementation of a unifying constraint-based framework encompassing all the different types of preferences, able to reason with several types of uncertainty and capable of finding optimal as well as robust solutions. Another primary objective is to use global constraints and local search for solving efficiently problems like protein structure determination, haplotype inference, RNA alignment, nurse scheduling, and car sequencing. Moreover, starting from the constraint programming platform GECODE and the tool for parametric local search EasyLocal, we wish to study and implement a general constraint solver that appropriately combines the techniques of Constraint Programming and Local Search, and capable to work with either finite or infinite (eg. real number) domains.

Programming languages based on constraints:

We plan to extend the CLP and CC (concurrent constraint programming) paradigms in order to obtain languages which are more appropriate for the applications that we consider, both from the expressivity and the efficiency point of view. In particular, we plan to design a CLP-framework with high expressive power by introducing new kinds of constraints, ranging on sophisticated domains of values. Moreover we intend to improve the existing tools for executing efficiently languages for knowledge representation, and, in particular, the so-called answer set programs (ASP), in terms of constraint programming. We also plan to extend CC by adding soft and temporal constraints, as well as stochastic features, in order to obtain a language appropriate for application such as Quality of Service, Service Oriented Architecture, and Bioinformatics. Finally, we intend to develop methodologies and tools based on program transformation for the automated verification, synthesis and optimization of software systems.

Temporal reasoning:

Temporal and spatial constraints are present in a variety of application domains and can be precisely expressed within logical formalisms. Recent results prove the existence of decidable as well as expressive fragments of temporal/spatial logics. We will focus on the problem of extending these logics with quantitative constraints, for example, on the duration of events or on the length of intervals.

The target of the research on temporal constraints is also to extend existing classes of problems that allow disjunctive uncertainty with uncontrollable variables, as well as enhancing temporal constraint frameworks for conditional uncertainty with preferences. We also aim at developing a solver for temporal problems with uncontrollable variables and dynamically changing preferences, able to find optimal solutions with different degrees of controllability. The goal is to embed such a solver in tools for space applications and assistive technologies.

Multi-agent preference reasoning:

The first objective of this research line is the design of efficient methods for finding the most preferred outcomes in settings where preferences or constraints are expressed by several agents. We also want to provide a characterization of the aggregation methods via properties such as fairness and manipulability and a computational analysis of aggregation and manipulation allowing to better choose the most suitable methods for each application.

Another goal is to design aggregation methods able to deal with uncertainty in the way preferences are aggregated, as well as in the preferences of the single agents and to investigate the impact of uncertainty on fairness and manipulation. We also plan to generalize the setting of matching problems to compact representations of preferences and uncertainty since, thus greatly increasing the theoretical and practical reach of such an approach. We also plan to provide the basis for applications in AI scenarios and, in this direction, we plan to design a complete solver for the stable matching problem with indifference and incompleteness when preferences are modelled compactly.

Applications:

We wish to extend the constraint solver COLA, developed within a previous project for the protein folding problem, so as to obtain a constraint solver for the 3D space, with a parametric discretization degree, that could be useful to biologists and biotechnologists for different applications.

Moreover, we want to represent biochemical reactions as (stochastic/soft/temporal/nonmonotonic) CC processes. Our attention will be as a first step to model some specific biochemical reaction in the preclinical research area. After the modelization phase the next step will involve the study of adequate temporal logical frameworks to explain and highlight the properties of the reactions.

As for QoS and SOC, the main goal here is to have methodologies to permit to the parties to converge, through a negotiation process, on a formal agreement defined as the Service Level Agreement (SLA), which specifies the contract that must be enforced. The main advantages of representing QoS by using (soft) constraints is in the possibility of using efficient solvers to check contract properties, and in the presence of preferences (or costs) directly embedded in the language. In addition of classical attributes of QoS, we will consider here two new aspects: trust and fairness. In particular the fairness aspect will consider a "subjective" perception of the quality of the service and will be used some aspects of social welfare and economic indexes.

A further objective for this research line is to extend and implement a new version of the TRF software platform in order to have a more robust timeline-based architecture able to tackle the planning and scheduling problems in the unifying and integrated timeline-based perspective. In addition new version of the current solvers is envisaged which will allow to cope with more complex problems, closer to the real world contexts. The combined use of the new TRF integrated with the new solvers will support research activities in the field of execution and management of uncertainty on schedules and plans, the synthesis of user-oriented explanation as well as the modeling of preferences and the study of their role in problem solving.

11 - Stato dell'arte

Testo italiano

Per mancanza di spazio, questa descrizione dello stato dell'arte non contiene riferimenti bibliografici. Un'analisi piu' dettagliata dello stato dell'arte, corredata di numerosi riferimenti bibliografici, puo' essere trovata nelle descrizioni dei progetti di ciascuna delle cinque unita' di ricerca.

Ragionamento basato su vincoli e preferenze:

La nascita della programmazione a vincoli puo' essere fatta risalire al lavoro di Waltz del 1975 nel quale un oggetto 3D viene caratterizzato da linee in 2D che devono essere connesse rispettando precisi vincoli. Un paio di anni dopo Macworth formalizza la nozione di consistenza locale di un vincolo binario e descrive l'algoritmo AC3 che è ancor oggi alla base delle procedure di propagazione di ogni risolutore di vincoli.

La programmazione con vincoli permette una descrizione dichiarativa e una soluzione efficiente di problemi combinatori, come, per esempio di planning o scheduling. I problemi reali vengono modellati definendo dei vincoli sugli oggetti del problema e trovando le soluzioni che soddisfano tutti i vincoli. Molti risolutori di vincoli si basano sui concetti di propagazione con vincoli e di ricerca nello spazio delle soluzioni, guidata dalla propagazione con vincoli che permette di scoprire prima soluzioni parziali inconsistenti.

I vincoli globali sono un aspetto centrale nella modellazione e nella risoluzione di problemi reali mediante programmazione con vincoli. I vincoli globali catturano dei pattern utilizzati comunemente in vari problemi e aiutano a specificare in modo semplice vincoli complessi o utilizzati frequentemente. Ad ogni vincolo globale viene associato un algoritmo di propagazione che viene utilizzato per ridurre lo spazio di ricerca sfruttando alcune proprietà tipiche del vincolo. Importanti per i risolutori di vincoli sono anche gli algoritmi di ricerca su alberi, basati su ricerca sistematica con backtracking o su ricerca locale. Queste due tecniche sono in qualche modo complementari e infatti la loro integrazione e' di solito utilizzata, al fine di migliorare le prestazioni.

In molti problemi reali non tutte le soluzioni sono ugualmente desiderabili e non tutte le richieste hanno lo stesso livello di importanza. Per modellare fedelmente queste situazioni, i vincoli sono stati generalizzati per permettere la descrizione delle preferenze. Due formalismi generali per modellare le preferenze sono quello che si basa sui semianelli e quello che si basa sulle CP-nets. Altri formalismi sono stati sviluppati per gestire tipi speciali di preferenze, come preferenze bipolari, che permettono all'utente di usare parecchi livelli sia di preferenza che di rifiuto, e le preferenze temporali, che modellano preferenze sulle durate e sulle distanze degli eventi nel tempo. Risolvere un problema con preferenze e' in generale piu' difficile che risolvere un problema di vincoli classici, in quanto e' necessario trovare la soluzione migliore rispetto alle preferenze specificate. Le tecniche usualmente adottate sono la ricerca locale e il branch e bound. Molti scenari reali presentano, inoltre, dati o preferenze mancanti oppure imprecisi. In questo caso oltre alla nozione di ottimalità, si considera anche quella di robustezza rispetto all'informazione mancante.

Da alcuni anni nei convegni denominati CP-AI-OR si mira a combinare le tecniche di CP con quelle di ricerca operativa (OR) e di intelligenza artificiale (AI) al fine di affrontare problemi complessi. Le computazioni in CP si basano su metodi che alternano fasi deterministiche e non, ed esplorano, in modo esplicito o implicito, l'intero spazio di ricerca. Nella ricerca locale (LS), si esplora il vicinato di una possibile soluzione fornendo in modo rapido approssimazioni delle soluzioni ottimali. La loro combinazione può essere ottenuta, ad esempio, inserendo in opportuni punti della ricerca CP algoritmi di LS che permettono di modificare le strategie di

ricerca, oppure aggiungendo del supporto CP a LS per ridurre le dimensioni del vicinato. Diverse pubblicazioni illustrano come tale approccio sia particolarmente promettente in svariati ambiti applicativi.

Linguaggi di programmazione basati su vincoli:

La programmazione logica con vincoli (CLP) e la programmazione concorrente con vincoli (CC) sono i due paradigmi di programmazione più rilevanti per questa proposta. Programmare in CLP significa scegliere uno specifico sistema di vincoli (ad esempio, vincoli aritmetici lineari, vincoli su domini finiti ecc.) e usarlo nel contesto di un motore inferenziale analogo a quello della programmazione logica. Questo approccio è molto flessibile, dato che si possono usare molti diversi sistemi di vincoli senza dover cambiare sostanzialmente il linguaggio di programmazione, ed è anche molto efficace per risolvere problemi complessi. Il CLP è stato anche esteso con vincoli soft in modo tale da permettere di trattare in modo uniforme tutti i vincoli che possono essere visti come istanze dell'approccio basato su semianelli (ad esempio vincoli fuzzy, probabilistici, con priorità, così come i classici vincoli "hard"). Particolarmente significativo inoltre è CC, un paradigma che combina un modello computazionale basato sui vincoli con meccanismi di sincronizzazione e comunicazione (asincrona) tipici dei linguaggi concorrenti. In particolare sono rilevanti per noi alcune recenti estensioni del CC che includono funzionalità di passaggio di nomi e soft constraints e che possono essere utilizzate per esprimere proprietà di qualità del servizio. Considereremo queste estensioni come punti di partenza per la nostra estensione di CC. Considereremo inoltre anche Constraint Handling Rules (CHR) un altro linguaggio concorrente basato su vincoli che potrebbe fornire una base di partenza alternativa.

Nell'ambito della rappresentazione della conoscenza e del ragionamento automatico sono stati sviluppati vari linguaggi per il planning, quali STRIPS, ADL, PDDL e i cosiddetti linguaggi per la descrizione di azioni (ADLs). I primi si focalizzano sulle nozioni di pre/post-condizione e fluente; i secondi sulla formalizzazione dell'azione/trasformazione. I secondi forniscono un modello dichiarativo uniforme dei fluenti, delle azioni e degli effetti, consentendo livelli di astrazione più alti rispetto ai precedenti approcci. Inoltre gli ADLs hanno solidi fondamenti teorici, offrono un'ottima leggibilità, consentono di gestire problemi classici, quali la qualificazione, la ramificazione e il "frame problem", e permettono di includere caratteristiche avanzate, quali incompletezza di informazione, parallelismo e non determinismo, indispensabili in domini complessi. Recentemente, la loro codifica via CP su domini finiti si è rivelata efficace e meritevole di approfondimento.

Rilevante per questa proposta è anche la trasformazione dei programmi, una metodologia di sviluppo di programmi che utilizza regole di trasformazione, che preservano la correttezza, e strategie di trasformazione, che permettono di applicare le regole in modo automatico in modo tale da derivare programmi più efficienti. Questa metodologia è già stata applicata a CLP e a CC, e metodi basati sulla trasformazione di programmi CLP sono stati proposti per la verifica di proprietà (temporali) e per la sintesi di sistemi software.

Ragionamento temporale:

In molti domini applicativi risulta necessario modellare dei vincoli di natura temporale o spaziale. Nei casi più semplici tali vincoli vengono gestiti attraverso algebre (dei punti, degli intervalli, dei rettangoli); nei casi più complessi utilizzando logiche temporali (e/o spaziali). Le logiche basate sugli intervalli, più naturali ed espressive delle comuni logiche a punti, costituiscono i candidati naturali per la rappresentazione e il ragionamento su vincoli temporali (spaziali). Le cattive proprietà computazionali delle logiche temporali a intervalli classiche (p.es. ITL e HS) hanno a lungo condizionato la ricerca in tale settore. Un rinnovato interesse è stato suscitato dalla scoperta di frammenti decidibili e sufficientemente espressivi di HS, quali la logica della vicinanza temporale e quella dei sottointervalli. Particolare attenzione è stata rivolta allo sviluppo e implementazione di procedure di decisione per tali logiche: nei casi più semplici esse sono state implementate sfruttando generici theorem prover, mentre nei casi più complessi sono state sviluppate delle soluzioni originali che accoppiano le regole classiche dei sistemi a tableau con regole specifiche per la gestione dei vincoli. In molti settori (DB temporali, bioinformatica, planning, configuratori), si mescolano vincoli temporali (e spaziali) qualitativi e quantitativi (durata di eventi, lunghezza di intervalli). Mentre nell'ambito delle logiche basate sui punti esistono vari formalismi che supportano un'esplicita metrica del tempo e/o dello spazio, per quanto riguarda i formalismi ad intervalli vi è praticamente il solo Calcolo delle Durate.

I problemi di vincoli temporali (TCSPs) sono un formalismo quantitativo per modellare vincoli temporali sulle durate e sulle distanze di eventi nel tempo. Rappresentano un approccio molto generale che permette di specificare vincoli sul tempo in modo preciso, possibilmente disgiuntivi e non binari (cioè, relativi a più di due variabili). Essi sono stati utilizzati in molte applicazioni di successo nell'ambito del planning e dello scheduling (per esempio, nel NASA Mars Rover). Sono stati sviluppati algoritmi efficienti per ragionare con classi specifiche di problemi come i problemi temporali semplici (STPs) e i problemi temporali disgiuntivi (DTPs). Gestire preferenze ed incertezza è importante nel contesto del ragionamento temporale. Per esempio, i DTPs sono stati estesi per includere incertezza e preferenze mentre i problemi temporali condizionali (CTPs), dove l'incertezza è di tipo condizionale, sono stati estesi con preferenze.

Preferenze in ambito multi-agente:

Spesso capita di dover rappresentare e ragionare con preferenze espresse simultaneamente da più agenti. In questo contesto è naturale considerare quando valgono proprietà simili a quelle presenti nella social choice theory, come fairness e non manipolabilità. È stata anche considerata la complessità computazionale di trovare le alternative ottime quando le preferenze di alcuni agenti sono mancanti.

Un altro contesto multi-agente interessante e più specifico è quello dei two-sided markets dove il goal è di costruire corrispondenze tra i membri di due gruppi con proprietà auspicabili quali la stabilità. Il più noto problema in questo ambito è quello del matrimonio stabile dove, date le preferenze di ciascun membro sui componenti dell'altro gruppo, si vuole trovare una corrispondenza uno-a-uno stabile. Questo problema può essere risolto in tempo polinomiale dall'algoritmo di Gale-Shapley e ha molte applicazioni come il collocamento di medici negli ospedali, l'assegnamento di studenti a scuole e lo scambio di mercato. Il problema del matrimonio stabile con le sue varianti basate sul tipo di preferenze (e.g. con indifferenza), sulla presenza dell'incompletezza e/o sul tipo di matching (e.g. uno-a-molti) sono stati recentemente oggetto di studio nell'ambito dell'intelligenza artificiale.

Applicazioni:

Le potenzialità dell'uso di CP in biologia computazionale sono state evidenziate diffusamente negli ultimi anni; dal 2005, l'Unità di Udine è attiva nell'organizzazione dell'annuale Workshop internazionale WCB, che intende promuovere la codifica e la risoluzione di problemi biologici di varia natura con tecniche di CP. Uno dei problemi più significativi è quello della predizione della conformazione spaziale di una proteina, che può essere affrontato usando CP su domini finiti facendo riferimento a vari modelli energetici. Su tale tema, è stato sviluppato il constraint solver COLA che migliora sensibilmente le prestazioni di approcci precedenti. Ulteriori miglioramenti sono attesi dall'integrazione modulare nel sistema di informazioni sperimentali di natura biologica, che consentano di raffinare la qualità delle soluzioni proposte.

Il termine "qualità", come comunemente inteso nel contesto della Quality of Service (QoS), è "qualcosa" grazie al quale un utente (in un significato ampio del termine) giudicherà quanto buono il servizio sia. Questo è particolarmente rilevante nel contesto delle architetture e nelle computazioni orientate al servizio (SOA/SOC). Queste due nozioni (SOA/SOC) sono comunemente usate nel contesto web (web services) anche se in un'ottica più generale, e in accordo alle definizioni del W3C, si riferiscono ad architetture e a modelli computazionali per "insiemi di componenti che possono essere invocati, e le cui descrizioni di interfacce possono essere pubblicate e scoperte". Nostro goal finale è quello di studiare dei framework formali basati su vincoli soft dove gestire e combinare requisiti di QoS. Anche se un livello di qualità può essere richiesto in molti campi applicativi, noi focalizzeremo il nostro studio in tre aree principali: i) reti ii) trust management iii) web services. Rispetto alle reti, gli obiettivi principali sono quelli di fare fronte alle richieste di QoS delle applicazioni, ottimizzare in modo globale l'uso delle risorse di rete e, infine, essere in grado di degradare in maniera equilibrata le prestazioni della rete dopo guasti sui collegamenti o congestioni di traffico. In trust management l'idea di base è rappresentata dal permettere a ogni entità di giudicarsi a vicenda, per esempio al completamento di una transazione. Tale giudizio viene aggregato al fine di ottenere un indice di reputazione o di fiducia, che può essere utile ad altre parti nel decidere se effettuare o no la transazione con una certa parte in futuro. Un sistema di Trust Management (TM) combina la specifica di politiche di sicurezza e la definizione dei meccanismi atti a definire le credenziali di sicurezza. Nei web services, la qualità del servizio (QoS) è uno degli aspetti da tenere in considerazione durante la fase di contrattazione. Infatti, ogni servizio è strettamente connesso con il suo livello di qualità, e, durante la fase di negoziazione tra venditore e acquirente gioca un ruolo importante per il raggiungimento di un livello di accordo tra le parti (Service Level Agreement (SLA)).

Lavoreremo sull'approccio a timeline per risolvere planning e scheduling. L'utilità pratica dell'approccio è stata dimostrata dai successi ottenuti da NASA ed ESA. Aspetti formali importanti sono insoliti. Ad esempio servirebbe la definizione di un framework formale in cui pianificazione (ragionamento causale) e scheduling (ragionamento su tempo e risorse) possano coesistere. Altro problema aperto riguarda l'incertezza del mondo reale per cui soluzioni anche sofisticate possono essere fallaci per il verificarsi di un cambiamento dinamico. L'inerte fragilità della soluzione si può affrontare sia proattivamente (ottimizzando rispetto alla robustezza) che reattivamente (creando metodi di ri-adattamento della soluzione). Un aspetto ortogonale si genera quando un sistema intelligente a vincoli viene usato da utenti reali sia prima, che durante e dopo una fase di problem solving. Aspetti importanti poco studiati sono rappresentati ad esempio dalla formalizzazione delle preferenze

utente rispetto a scelte, e dalla spiegazione di comportamenti di successo o fallimento del solver.

Testo inglese

For lack of space, this description of the state of the art does not contain bibliographic references. A more detailed analysis of the state of the art, including several references, can be found in the descriptions of the projects of each of the five research units.

Reasoning with constraints and preferences:

The birth of Constraint Programming (CP) can be dated back to 1975 with the pioneer work, which shows how to recognize a 3D object through a suitable labelling of its edges (2D lines) satisfying some specific constraints. Two years later, Macworth formalizes the notion of local consistency of a binary constraint and describes the AC3 Algorithm, which is nowadays at the basis of the propagation procedure of any constraint solver.

Constraint programming allows for the declarative description and effective solving of combinatorial problems, such as those found in planning and scheduling. Real-life problems are modelled by stating constraints over the problem's objects and by finding solutions satisfying all the constraints. Many constraint solvers are based on the concept of constraint propagation and on the search in the space of all solutions, guided by constraint propagation which allows one to discover early hopeless partial solutions.

Particularly important for modeling and solving Constraint Satisfaction Problems (CSP) in Constraint Programming (CP) are global constraints. They capture common patterns and help to specify complex and recurring constraints in a simple way. Each global constraint comes with a propagation algorithm. They bring about powerful inference by exploiting the structure of the constraint, thus helping to prune the search space efficiently and effectively. Important for CP solvers are also backtracking tree search and local search (LS) which have somehow complementary features. Therefore, their integration has been studied to overcome their limitations and exploit the advantages of both, thus increasing search performance.

In many real-life problems, not all solutions are equally desirable, nor requirements have the same level of importance. To faithfully model such situations, constraints have been generalized to allow for the description of preferences. Two general formalisms to model preferences are the one based on semirings and the so-called CP-nets. Other formalisms have also been built to handle special kinds of preferences, such as bipolar preferences, that allow the user to use several level of both preference and rejection, and temporal preferences, that model preferences over durations and distances of events over time. Solving a problem with preferences is in general more complex than solving a constraint problem, since it requires finding the best solutions according to the preferences, and usually exploits local search or branch-and-bound techniques. Moreover, many real-life scenarios present missing or imprecise data or preferences. In this case, in addition to the notion of optimality, also that of robustness with respect to the missing information applies.

Programming languages based on constraints:

Constraint logic programming (CLP) and (CC) are two of the main programming paradigms that are relevant for this proposal. Programming in CLP means choosing a constraint system for a specific class of constraints (for example, linear arithmetic constraints, or finite domain constraints) and embedding it into a logic programming engine. This approach is very flexible since one can choose among many constraint systems without changing the overall programming language, and has shown to be very successful in specifying and solving complex problems in terms of constraints of various kind. The CLP formalism has been also extended to deal with soft constraints, thus allowing to treat in a uniform way, and with the same underlying machinery, all constraints that can be seen as instances of the semiring-based approach (e.g. fuzzy, probabilistic, prioritised etc. as well as the classical hard constraints).

Particularly significant is also CC, a paradigm which combines a computational model based on constraint programming with synchronization and (asynchronous) communication mechanisms typical of concurrent languages. In particular, interesting for us are some recent extensions of ccp which include name-passing features or soft constraints and which allow to express Quality of Service properties. We will consider these extensions as starting points for our language extensions. We will also consider Constraint Handling Rules (CHR), another concurrent constraint based language which could provide an alternative starting point.

In the context of knowledge representation and reasoning, various planning languages, such as STRIPS, ADL, PDDL, as well as various action description languages, have been proposed. Planning languages focus on the notions of fluent and pre-/post-condition; Action Description Languages (ADLs) focus on the notions of action and transformation. ADLs provide a uniform declarative model of fluents, actions, and effects, which allows higher abstraction levels compared with those of other proposals. Moreover, ADLs have solid theoretical foundations, offer an optimal readability, support solutions to classical problems (e.g. qualification, branching and frame problems) and include advanced features, such as incomplete information, parallelism, and non-determinism, which are often necessary in complex scenarios. Recently, an effective and interesting technique has been proposed, which is based on the encoding of ADLs by means of CP over finite domains.

Relevant to this proposal is also program transformation, a methodology for program development which uses transformation rules that preserve program correctness and transformation strategies that guide the application of the rules in an automatic way, so to derive correct and efficient programs. This methodology has already been applied to constraint logic programming and CC, and methods based on program transformation of CLP have also been proposed for the verification of (temporal) properties and for the synthesis of software systems.

Temporal reasoning:

Constraints related to temporal (and/or spatial) reasoning can be found in different application scenarios. In the simplest cases, these constraints are modeled through algebras (point, interval, rectangle). In more complex cases, constraints are dealt with by means of temporal (and/or spatial) logics. Interval-based temporal logics, which are more natural and expressive than point-based logics, are good candidates for representing and reasoning on temporal constraints and, moreover, they can be easily generalized to deal with spatial relationships. Bad computational behaviors of classical interval-based temporal logics (e.g. ITL and HS) has affected the research in this field for long time. However, a renewed interest has been recently brought by the discovery of some decidable and expressive HS fragments, like the neighborhood and the sub-interval temporal logics. In the simplest cases, decision procedures have been implemented by exploiting generic theorem provers; in more complex cases, decision procedures are based on original solutions which exploit classical tableau systems and ad-hoc constraint propagation rules. In several areas like temporal DB systems, bioinformatics, planning, and configuration systems, both qualitative and quantitative spatio-temporal constraints are mixed together. While, in the context of point-based logics, there exist several formalisms that support explicit metrics over temporal and spatial domains, in the context of interval-based logics, there exist basically only the Duration Calculus.

Temporal Constraint Problems are a quantitative model for constraints on duration and distances of events over time. They represent a very general framework allowing for the specification of exact time constraints, for disjunctions and for non-binary constraints (that is, constraints involving more than two variables). They have been successfully used in several planning and scheduling applications, such as the NASA Mars Rover. Efficient algorithms have been developed for reasoning about specific classes, such as Simple Temporal Problems (STPs), and Disjunctive Temporal Problems (DTPs).

Uncertainty and preferences are important aspects in temporal reasoning and temporal constraints have been partially extended to deal with such aspects. For example, DTPs have been extended to include uncertainty in and preferences in, and Conditional Temporal Problems, where uncertainty is modeled as conditional dependence, have been extended to allow preferences.

Multi-agent preference reasoning:

We often need to represent and reason about simultaneous preferences of several agents. In this context, it is natural to consider when properties similar to those in social choice theory, such as fairness or non-manipulability, hold. The computational complexity of finding optimal outcomes when the preferences of some agents are missing as also been addressed.

Another interesting and more specific multi-agent setting is that of two-sided markets where the goal is to build matchings between members of two groups with desirable properties, such as stability. The most popular problem in this field is the stable marriage problem where, given the preference of each member on the members of the other group, a one-to-one stable matching must be found. This problem can be solved in polynomial time by the Gale-Shapley algorithm and has several applications such as systems for matching hospitals to resident doctors, assignment of students to schools and market trading. The stable marriage problem together with its many variants based on the type of preferences (e.g. with ties), the presence of incompleteness or the matching types (e.g. one-to-many) have also recently been studied in an AI context.

Applications:

The benefits of using CP in computational biology have been pointed out in the last years. Since 2005, the Udine Unit has been involved in the organization of the annual International Workshop on Constraint-based Methods for Bioinformatics, which aims at promoting the research of solutions to various biological problems by means of CP techniques. One of the most significant problems in this area is that of predicting the spatial structure of a protein, which can be addressed using CP over finite domains and suitable energy models. The constraint solver COLA outperforms sensibly previous solvers. Further improvements are expected from the modular integration in the proposed system of experimental biological information. Moreover, we plan to study how to use the proposed nonmonotonic/soft/temporal extension of the concurrent/logic programming constraint language for a quantitative representation and analysis of biological systems. Our attention will be as a first step to model biochemical reaction, with the final aim at studying preclinical activities and pharmacokinetics. At a glance we plan to use the nonmonotonic operator 'update' to change the state of the store. We also want to use the level of consistency of the store as race condition for tell/ask execution.

The term "quality" as it is commonly understood in the context of Quality of Service (QoS) is "something" by which a user of the service (in a very large meaning) will judge how good the service is. This is particularly relevant in the context of Service Oriented Architectures (SOA) and Service Oriented Computing (SOC). These two notions are commonly used in the context of the Web even though, more generally, according to a W3C definition they refer to architectures and computation models for a set of components which can be invoked, and whose interface descriptions can be published and discovered. Our final goal is to study some formal frameworks, based on Soft Constraints, where to manage and combine QoS requirements. Even if quality can be demanded in many application fields, we focus our attention to three main areas: i) Networks, ii) Trust management, and iii) web services. When considering networks, the main objectives are to meet the QoS requirements of applications, to optimize the global network resource usage, and to gracefully degrade network performance after link failures or traffic congestion. In trust management the basic idea is to let parties rate each other, for example after the completion of a transaction, and use the aggregated ratings about a given party to derive a trust or reputation score, which can assist other parties in deciding whether or not to transact with that party in the future. A Trust Management (TM) system combines the notion of specifying security policy with the mechanism for specifying security credentials. In web services, the QoS is one of the important aspect for the contract. In fact, all the services are strictly connected with their quality, and during the negotiation phase this plays an important role towards an agreement of the parties (SLAs).

In addressing Planning and Scheduling problems we will refer to the timelines based approach successfully used at NASA (RAX-PS, MAPGEN, EO-1) and ESA (MEXAR2). Work remains to be done with respect to the formal properties of the approach. Open problems are the creation of a formal framework where planning (causal reasoning -- how to make events happen) and scheduling (temporal and resource reasoning -- when events should happen and with the contribution of who) can co-exist. Another open problem is represented by the dynamic nature of the real world that very easily invalidate solutions in spite of their sophisticatedness. Solution brittleness is addressed both proactively (synthesizing solution which are optimized with respect to robustness measure) and reactively (studying ways to cope with failures at execution time by readapting the solution). An orthogonal issue generates when a constraint-based system interacts with a real user before, during and after problem solving. A number of open issues exists from capturing the preferences of the user with respect to choices, to explaining failures/success to users, and more.

12 - Articolazione del Progetto e tempi di realizzazione

Testo italiano

L'attività di ricerca sarà strutturata nelle seguenti linee di ricerca.

Ragionamento basato su vincoli e preferenze:

Considereremo prima preferenze, cioè vincoli che ammettono diversi gradi di soddisfacibilità, e definiremo formalismi per la modellazione compatta di vari tipi di preferenze: bipolari, quantitative, qualitative e condizionali, oltre che alla coesistenza di tali tipi. Ci proponiamo, quindi, di identificare le proprietà generali su cui si basa il ragionamento preferenziale umano e di realizzare metodi risolutivi efficienti. Questo richiederà l'approfondimento di aspetti come l'elicitazione e l'interazione uomo-macchina.

In seguito ci focalizzeremo sulla gestione di dati mancanti o imprecisi. Studieremo la rappresentazione di incertezza attraverso degli intervalli di preferenze, anziché valori precisi, e con distribuzioni di probabilità o possibilità o costi di elicitazione. Considereremo, inoltre, la presenza di variabili incontrollabili, cioè il cui valore è al di fuori dal controllo dell'agente e adatteremo in modo appropriato le nozioni di ottimalità e di robustezza della soluzione rispetto alle diverse forme di incertezza.

Svilupperemo, inoltre, un risolutore per problemi con preferenze, capace di gestire i vari tipi di preferenze nonché la presenza di incertezza. Potenzieremo, inoltre, tale risolutore con capacità interattive attraverso meccanismi di elicitazione.

Due approcci comuni per aumentare l'efficienza dei risolutori di vincoli sono la progettazione di vincoli globali dedicati e gli algoritmi di ricerca ibridi. Intendiamo applicare queste tecniche per risolvere i problemi applicativi di interesse per questo progetto. Tali problemi presentano vincoli complessi e ricorrenti che si possono esprimere come globali. Il nostro primo obiettivo è dunque identificare nuovi vincoli globali, studiarne la complessità computazionale e progettare propagatori efficienti. Questi problemi potrebbero inoltre avere aspetti di ottimizzazione trattabili da algoritmi dedicati di ricerca locale. Il nostro secondo obiettivo è quindi lo studio e la sperimentazione di integrazioni tra algoritmi di ricerca locale e algoritmi di ricerca su alberi.

Per quanto riguarda lo sviluppo di un risolutore ibrido, nel primo anno si desidera estendere ed ottimizzare un compilatore recentemente progettato da linguaggi dichiarativi verso programmi GECODE, definire un linguaggio per le metaeuristiche per scegliere tipologia e parametri di ricerca combinata, sperimentare su diversi scenari l'efficacia di diverse tipologie e parametri di combinazione migliorando l'efficacia delle tecniche esistenti, implementare in GECODE una classe per la gestione dei reali che sfrutti, sotto certe condizioni, proprietà analitiche per la ricerca di soluzioni. Particolare attenzione sarà fornita alla rappresentazione di numeri a virgola fissa. Nel secondo anno si desidera avere un unico strumento che automaticamente trasforma programmi Prolog o Minizinc in Gecode e effettua la ricerca delle soluzioni con tecniche miste guidate dalle metaeuristiche, e integrare nella libreria di GECODE tale classe per i reali, studiando la combinazione con l'attuale classe per gli insiemi finiti.

Linguaggi di programmazione basati su vincoli

Considerando il framework CLP, sarà necessario estendere le tecniche sviluppate in ricerca operativa, analisi numerica e intelligenza artificiale. Queste tecniche, insieme con quelle basate su vincoli globali e local search, potrebbero essere utili per applicazioni come i sistemi di configurazione, di planning e di protein folding. La prima parte del nostro studio sarà dedicata allo studio dello stato dell'arte nei campi sopra descritti. Quindi, la fase successiva sarà l'implementazione di un risolutore vincoli CLP che integri le tecniche usate negli altri campi. Nel primo anno intendiamo anche estendere l'esistente encoding di Action Description Language (ADL) in CLP, con l'introduzione di più agenti, con la nozione di durata nelle azioni e con un controllo della concorrenza. Nel secondo anno vogliamo studiare il problema della ricerca di piani ottimi locali e della composizione di questi in un piano completo.

Riferendoci al framework di programmazione concorrente con vincoli (cc), nel primo anno pensiamo di studiare le estensioni esistenti del cc che permettono di modellare aspetti temporali, quantitativi e stocastici. Questo studio sarà sviluppato anche per definire una semantica formale per le estensioni temporali e soft del cc. Sulle basi di questo studio, nel secondo anno, svilupperemo un linguaggio concorrente con vincoli che sarà sufficientemente espressivo per esprimere contratti e aspetti di qualità del servizio nel campo delle computazioni orientate ai servizi (SOC) ma anche che permetta la decidibilità di alcune proprietà importanti. Questo dovrebbe permettere di semplificare il lavoro di verifica dei sistemi che implementano i servizi. Inoltre, tale verifica potrebbe essere effettuata anche usando delle tecniche di trasformazione dei programmi. Infatti, nel secondo anno del progetto, intendiamo sviluppare metodologie e tools basati sulla trasformazione dei programmi per la verifica automatica e la sintesi di sistemi software.

Ragionamento temporale:

Nel primo anno si intende innanzitutto completare la classificazione dei frammenti di HS rispetto alla loro decidibilità/indecidibilità. In parallelo (e probabilmente in entrambi gli anni) si studierà l'effetto dell'estensione e del linguaggio e della semantica dei frammenti decidibili con espressioni metriche e/o di durata.

Nel secondo anno sarà affrontato lo sviluppo di algoritmi di decisioni ottimali. Più implementazioni delle procedure di decisione proposte saranno comparate e, in particolare, una basata su tecniche di constraint solving. Si studieranno poi applicazioni bioinformatiche, quali il problema di specificare pattern temporali significativi di processi biologici e quello di caratterizzare proprietà intervallari di interesse, ai sistemi di configurazione, di processo, e nell'ambito del planning si misurerà la loro capacità di gestire in modo effettivo vincoli di integrità e obiettivi temporalmente estesi, comprendenti condizioni di tipo quantitativo.

Proseguiremo studiando la classe dei problemi temporali disgiuntivi (DTPs), dove le durate e le distanze temporali possono ammettere intervalli di tempo disgiunti e li estenderemo in modo da permettere la coesistenza dell'incertezza disgiuntiva con variabili non controllabili e con preferenze condizionate dall'occorrenza di eventi. Definiremo poi nozioni appropriate di robustezza temporale e controllabilità e svilupperemo algoritmi per testare e imporre tali proprietà. Considereremo, inoltre, la possibilità di aggiungere preferenze ad altri formalismi per la rappresentazione di incertezza con vincoli temporali, come le Reti Temporali con Alternative.

Infine svilupperemo un risolutore per problemi temporali con variabili non controllabili e preferenze che vengono modificate dinamicamente. Il risolutore verrà corredato dalla capacità di testare varie nozioni di controllabilità (forte, debole, e dinamica) e di trovare soluzioni ottime che soddisfino la nozione di controllabilità desiderata.

Preferenze in ambito multi-agente:

Come prima cosa, studieremo metodi efficienti per trovare le soluzioni migliori quando preferenze e vincoli sono espressi da più agenti. Considereremo, poi, altre proprietà fondamentali in un abito multi-agente, come la fairness e la non-manipolabilità. In particolare, studieremo le caratteristiche computazionali di tali scenari. Ci focalizzeremo poi sulla presenza di incertezza sia nei metodi di aggregazione di preferenze sia nelle preferenze dei singoli agenti e approfondiremo le proprietà computazionali di determinare la soluzione migliore con diversi metodi di aggregazione, come ad esempio l'aggregazione sequenziale di competizioni a maggioranza. Studieremo inoltre l'impatto dell'incertezza in termini di manipolabilità delle regole di aggregazione. La presenza di incertezza può infatti far aumentare la complessità della manipolazione e quindi aumentarne la fairness.

Il passo successivo sarà quello di studiare la teoria dei giochi e la teoria della social choice, due modi differenti di modellare e affrontare i vari aspetti dell'aggregazione di preferenze multi-agente, per integrarne i risultati in contesti AI. Studieremo, inoltre, l'impatto dell'utilizzo di rappresentazioni compatte di preferenze, cioè, vincoli soft e CP-nets, in problemi di matching, come quello del matrimonio stabile. In particolare, dopo aver valutato l'impatto di tale utilizzo in termini di complessità computazionale, privacy e resistenza alla manipolazione, passeremo allo scenario più complesso in cui entra in gioco anche l'incertezza e considereremo l'uso di rappresentazioni compatte di preferenze imprecise o incomplete in problemi di matching.

Infine, svilupperemo un risolutore completo per problemi di matching con indifferenza e incompletezza dove le preferenze possono essere modellate in modo compatto. Considereremo quindi un approccio basato su ricerca locale per lo stesso problema e confronteremo i due approcci in termini di efficienza e qualità della soluzione. Verranno inoltre sviluppati tools simili per problemi di matching diversi.

Applicazioni:

Nel primo anno si desidera rendere disponibile una versione di COLA che ammetta valori per le variabili in 3D con grado di discretizzazione parametrico. In particolare saranno adattate le attuali procedure di propagazione e inclusi alcuni vincoli globali recentemente studiati. Nel secondo anno si vuol rendere (semi) automatica l'interazione tra COLA ed il protein data bank al fine di recuperare da questo la forma di frammenti della proteina che si desidera studiare e che saranno considerati come blocchi rigidi nel solver. Inoltre saranno sviluppate alcune strategie per il labeling guidate dalle banche dati di angoli torsionali. Inoltre, pensiamo anche di usare le estensioni (temporali/soft/nonmonotone) del linguaggio cc per una rappresentazione quantitativa e una analisi dei sistemi biologici. La nostra attenzione sarà inizialmente verso la modellazione di reazioni biochimiche con scopo finale di studiare problemi di farmacocinetica usati in attività di preclinica.

Gli aspetti principali della QoS che intendiamo sviluppare sono quelli di trust e fairness. Inoltre vogliamo studiare gli argomenti riguardanti i contratti e la loro osservanza in Service Oriented Computing. A proposito di trust, intendiamo sviluppare il nuovo concetto di multitrust: esso estende la usuale relazione di trust, che riguarda coppie di individui, con una relazione dove un trustor e più trustee interagiscono in modo correlato. Tale correlazione può essere espressa in termini di tempo (ad esempio, fiducia "allo stesso tempo"), di modalità (con lo stesso comportamento) oppure di collaborazione tra i trustee. Alcuni esempi quotidiani possono essere durante il download di un file da sorgenti multiple in reti peer-to-peer, o, in generale, quando un compito può/deve essere conseguito con l'aiuto di molti individui che agiscono insieme: si deve quindi ottenere un valore di trust per l'intero processo. Il nostro obiettivo finale è costruire un framework formale, basato su vincoli soft, dove gestire e combinare requisiti di Qualità del Servizio (QoS).

La composizione di un team rappresenta un'altra applicazione generale. Proponiamo Soft Constraint Logic e concurrent constraint programming per rappresentare e valutare la propagazione di trust all'interno di tale scenario. Per conseguire questo, modelliamo una "Web of Trust" adattandola ad un grafo and-or, dove il peso di un connettore corrisponde ad una valutazione di trust tra i nodi del connettore.

Per quanto riguarda la fairness, vogliamo studiare l'accettazione di un servizio dal punto di vista etico, o anche l'equità percepita del servizio. Questa è chiaramente una qualità soggettiva del servizio e non può essere misurata dal provider solo considerando un utilizzatore del servizio per volta, ma tutti gli utenti devono essere considerati contemporaneamente. Per esempio, considerando il tempo di attesa per un servizio, per stimare il livello di fairness questo tempo deve essere comparato con quello degli altri clienti: se un utente aspetta un po' di più, ma allo stesso tempo nota che nessun'altro è servito, allora il servizio è ritenuto fair. La funzione utilizzata per misurare la fairness sarà rappresentata da una funzione di benessere sociale (o di utilità individuale) utilizzata in economia. Per gestire la fairness svilupperemo un'estensione di soft concurrent constraint programming. Il nostro obiettivo è considerare la nozione di fairness non qualitativamente (come solitamente fatto in informatica), ma in modo più quantitativo.

Infine, considerando il campo della computazione orientata ai servizi, intendiamo studiare applicazioni pratiche del linguaggio per la modellazione di contratti sviluppato nel progetto. Il nostro scopo è di modellare web services in termini di specifiche estensioni del linguaggio cc. In questo modo le operazioni di risoluzione di vincoli potranno essere usate per controllare importanti proprietà comportamentali dei servizi, come, per esempio, se il servizio ha esaurito la richiesta o se la composizione di alcuni servizi sia consistente. Inoltre i vincoli soft ci permetteranno di modellare aspetti quantitativi come il costo, le performance, etc. Crediamo quindi che le estensioni del linguaggio di programmazione concorrente con vincoli (soft) che svilupperemo forniranno un linguaggio utile per provare consistenza, rispetto delle caratteristiche richieste, e altre proprietà quantitative di sistemi reali. In particolare uno dei nostri goal è di analizzare dei servizi esistenti con il modello proposto.

Le attività di ricerca su Pianificazione e Sequenziamento saranno organizzate temporalmente in fasi. Nel primo anno si comporranno delle brevi rassegne sui problemi aperti nelle aree di intervento individuate, e si cercheranno anche connessioni con altre ricerche che potrebbero complementare e/o integrare i nuovi risultati perseguiti. Quindi inizierà una fase di sintesi di risultati. L'obiettivo è di avere i nuovi risultati in forma preliminare alla fine del primo anno ed in forma chiusa al mese 18. A quel punto inizierà una fase di test delle nuove funzionalità in dimostratori software opportunamente predisposti. È opportuno fare un'analisi del rischio sui vari obiettivi previsti. Alcuni degli obiettivi sono resi molto robusti dal fatto che intervengono su un percorso di ricerca estremamente consolidato tra i partecipanti al progetto, in particolare parliamo di integrazione di planning e scheduling, della risoluzione di nuovi problemi di scheduling con la metaeuristica Iterative Flattening, del problema di scheduling con risorse soggette ad incertezza ed in larga misura anche del problema della sintesi di spiegazioni orientate agli utenti generici. Altri obiettivi sono fortemente innervati all'interno di questo progetto, parliamo delle ricerche sui legami tra ragionamento a timeline e verifica formale, della estensione del ragionamento con incertezza alla pianificazione con timeline e del collaborazione su temi di ragionamento con preferenze per pianificazione e sequenziamento.

Testo inglese

The research activity will be structured in the following lines of research.

Reasoning with constraints and preferences:

We will first consider preferences, that is, constraints that allow for several levels of satisfaction, and we will define compact preference modelling formalisms for several kinds of preferences, such as bipolar, qualitative, quantitative, and conditional, as well as the coexistence of some of them. We then plan to identify the general properties that underly human preference reasoning, as well as design methods to solve problems with preferences efficiently. This will require considering issues related to elicitation of preferences and human-machine interaction. We will then consider handling missing or imprecise data. We will investigate uncertainty

in the context of constraint problems expressed in the form of preference ranges as well as possibilities, probabilities, and elicitation costs. Next we will consider the presence of uncontrollable variables, whose value cannot be decided by the agent and we will appropriately adapt the notions of optimality and robustness with respect to the specific types of uncertainty. We also plan to develop a solver for preference problems, able to handle several kinds of preferences as well as the presence of uncertainty. We will then enable the solver with interaction abilities via preference elicitation mechanisms.

Two common approaches to improve the efficiency of constraint solving are the design of dedicated global constraints and hybrid search algorithms. We aim to applying these techniques for solving the challenging application problems considered in this project. These problems exhibit many recurring and complex constraints which can be turned into global constraints. Our first objective is to identify new global constraints, study their computational complexity and design efficient propagators. Our constraint problems might as well have an optimization characteristic which can be best exploited by dedicated local search algorithms. Our second objective is then studying and experimenting with suitable integrations of local search and tree search algorithms.

As far as the development of an hybrid solver is concerned, in the first year we wish to extend and optimize a recent compiler from declarative languages to Gecode, define a language for the metaheuristics and combined search parameters, test on different scenarios the effectiveness of different search methodologies improving the state of the art of (non combined) techniques, implement in GECODE a class for the handling of constraints on real numbers that will exploits, under some conditions, analytical properties. Particular care will be given to fixed precision numbers. In the second year, we wish to build a unique automatic tool that transforms declarative programs (eg Prolog, Minizinc) into Gecode programs and looks for solutions using mixed techniques according to the metaheuristics, as well as to integrate in the GECODE library the class for real numbers with the finite domain solver of GECODE.

Programming languages based on constraints:

Concerning the extension of the CLP framework, it will be necessary to exploit techniques developed in Operational Research, Numerical Analysis and Artificial Intelligence. These techniques, together with those based on global constraints and local search, could be helpful for applications such as configuration systems, planning, and protein folding. The first part of our study will be devoted to a study of the state of the art in the above fields. Then, the next phase will be the implementation in a CLP-like solver of the studied techniques. In the first year we intend also to extend the current encoding of action description languages in CLP with the introduction of more computing agents, with the notion of durable action and with the concurrency control. In the second year we wish to deal with the problem of finding local plans and their combination in a unique plan.

Concerning the cc framework, in the first year we plan to study the existing extensions of cc which allow to model temporal, quantitative and stochastic aspects. This study will be developed also by defining a formal semantics for the temporal and soft extension of cc. On the basis of this study we will then, in the second year, develop a concurrent constraint language which is sufficiently expressive for expressing contracts and Quality of Service aspects in the field of Service Oriented Computing and yet allows the decidability of interesting properties. This should allow to simplify the task of verification of software systems implementing services.

Moreover, such a verification could be performed also by using transformation tools. In fact, in the second year of the project, we intend to develop methodologies and tools based on program transformation for the automated verification and synthesis of software systems.

Temporal reasoning:

During the first year we plan to conclude the classification of HS fragments respect to their (un)decidability. In the same time (and probably during the two years) we will study the effect of the extensions of the language and of the decidable fragments with metric expressions and/or duration.

In the second year we will develop optimal decision algorithms. Some decision procedures will be implemented, experimented and compared; in particular we will consider a decision procedure based on constraint solving techniques. The effectiveness of the proposed tools for the treatment of temporal constraints will be evaluated over specific application domains. In Bioinformatics, we will measure their adequacy for the specification of significant temporal patterns in biological processes and the problem of the characterization of interval properties. In the domain of configuration systems, we will experiment their use in the process configuration, and in the planning area, we will measure the ability to effectively handle the integrity constraints and temporally extended objectives, including quantitative conditions.

We will first study the class of Disjunctive Temporal Problems (DTPs), where events' durations and distances may contain disjoint time intervals and we will extend them in order to allow for the coexistence of disjunctive uncertainty with uncontrollable variables and with preferences conditioned by the occurrence of events. Next we will define appropriate notions of temporal robustness and controllability and we will develop algorithms for testing and enforcing such properties. We will then investigate the possibility of adding preferences to other temporal constraint frameworks that model uncertainty such as Temporal Networks with Alternatives. Finally we will design and develop a solver for temporal problems with uncontrollable variables and dynamically changing preferences. We will design the solver making it capable of checking various notions of controllability (strong, weak, and dynamic) as well as of finding optimal solutions satisfying the desired controllability notions.

Multi-agent preference reasoning:

We will first study efficient methods for finding the most preferred outcomes in settings where preferences or constraints are expressed by several agents. We will then address other crucial issues such as fairness and manipulability. In particular, we will investigate the computational properties of such scenarios. Next we will consider the presence of uncertainty in the way preferences are aggregated, as well as in the preferences of the single agents and we will investigate the computational features of determining the best outcomes in several specific aggregation contexts, such as sequential majority voting.

We will also study the impact of uncertainty on the manipulability properties of preference aggregation since the presence of uncertainty may increase the complexity of manipulating a preference aggregation system, thus making it more suitable for a fair aggregation process. The next step will be that of studying game theory and social choice, two different ways to model and address the issue of multi-agent preference aggregation, in order to possibly reuse their results in our AI context. Furthermore, we will investigate the impact of using compact representations of preferences, that is, soft constraints and CP-nets, in matching problems, such as the stable marriage problem. After evaluating the impact of such an embedding in terms of computational complexity, privacy issues, and resistance to manipulation we will then pass to the more complex setting featuring also uncertainty and we will consider compact representations of incomplete or imprecise preferences in matching problems.

Finally, we will design a complete solver for the stable matching problem with indifference and incompleteness, where preferences may be represented compactly. We will then consider a local search approach for the same problem and we will compare them in terms of efficiency and quality of the solution. We will then develop similar systems for other matching problems.

Applications:

As for biological applications, during the first year we wish to make available a version of COLA that admits 3D values for the variables with a parametric discretization degree. In particular, we will adapt the current propagation procedure and include some global constraints recently studied. In the second year we wish to develop a (semi) automatic interaction technique between COLA and the protein data bank so as to allow the retrieval of the known form of substructures that will be dealt with as rigid blocks by the solver. Moreover, we will develop some labeling strategies driven by the statistics on torsional angles. Moreover, we also plan to study how to use the proposed nonmonotonic/soft/temporal extension of the concurrent/logic programming constraint language for a quantitative representation and analysis of biological systems. Our attention will be as a the first step to model biochemical reaction, with the final aim at studying preclinical activities and pharmacokinetics.

The main aspects of QoS that we plan to develop are trust and fairness. We also plan to investigate issues related to contracts and compliance in Service oriented Computing. Concerning trust, we plan to develop the new concept of multi-trust: multi-trust extends the usual trust relationship, dealing with couples of individuals, to relationships where one trustor and multiple trustees interact in a correlated way. The correlation can be expressed in terms of time (i.e. at the same time), modalities (i.e. with the same behavior) or collaboration among the trustees. Some everyday examples can be found when downloading a file from multiple sources in peer-to-peer networks, or, in general, when a task must/can be accomplished with the help of many individuals acting together and a trust feedback must be found for the whole process. Our final goal is to build a formal framework, based on Soft Constraints, where to manage and combine Quality of Service (QoS) requirements.

Team composition can be another general application. We propose Soft Constraint Logic /concurrent constraint programming as a mean to quickly represent and evaluate trust propagation for this scenario. To attain this, we model the Web of Trust adapting it to a weighted and-or graph, where the weight on a connector corresponds to the trust feedback value among the connected peers.

Concerning fairness we plan to investigate the "ethical acceptance of the service" or the "perceived equity" of the service. This is clearly a "subjective" quality of the service and cannot be measured by the service provider just looking at one of the users, since all the users need to be considered together. For example, when considering the waiting time for a service, in order to assess the fairness of the service one has to compare this time with that one the other clients: if a user will wait some more, but notice that none is served, the service is perceived fair. The function used to measure the fairness perceived by each user will be represented by one of the known social welfare (or individual utility) functions used in economics. To deal with fairness we will develop an extension of the soft concurrent constraints. Our aim is to consider a notion of fairness which is not qualitative, as the one used in computer science, but quantitative.

Finally, considering the field of Service Oriented Computing, we intend to study practical applications of the language for contract modeling developed in the project. We aim at modeling (web) services in terms of a suitable extension of concurrent constraint programming so that constraint solving can be used for checking relevant behavioural properties such as "Does this service fulfill that request?" or "Is the composition of these services consistent?". Moreover soft constraints allow to model quantitative features such as cost, performance etc. Hence we believe that the extension of (soft) concurrent constraint programming that we will develop can provide a language useful for proving consistency, compliance and quantitative properties of real systems and we plan to use it for analyzing some existing (web) services.

The research activities on Planning and Scheduling will be scheduled according to different phases. During the first year we will put together a short survey describing the open research issues identified and the possible related research that can reinforce/complement/integrate the new pursued results. We then address a phase of synthesis of new results with the goal of having preliminary new results at the end of the first year and some stable innovations at month 18 when a phase of testing new functionalities within software demonstrators will take place. Addressing a bit of risk analysis of the scheduled activities. It is worth saying that some of the goals can take advantage of the experience accumulated by our research units: the integration of planning and scheduling, problem solving for new complex scheduling problems, Scheduling with resource uncertainty and to a certain extent also the synthesis of user oriented explanation will rely in the strong help of quite a number of previous activities of the group. Other topics are strongly motivated by the existence of this project, namely exploring the connection between timeline-based flexible plans and formal verification, the extension of timeline reasoning to planning under uncertainty, the collaboration on the topic of preference reasoning for planning and scheduling.

13 - Ruolo di ciascuna unità operativa in funzione degli obiettivi previsti e relative modalità di integrazione e collaborazione

Testo italiano

Le cinque unità di ricerca di questo progetto hanno capacità e competenze diverse ma complementari, che costituiscono una base molto promettente per far progredire lo stato dell'arte della ricerca verso gli obiettivi del progetto. Ora descriveremo il ruolo di ogni unità di ricerca e le collaborazioni previste con le altre unità:

◆ Padova:

Ragionamento basato su vincoli e preferenze.

I membri dell'unità di Padova utilizzeranno la propria esperienza nei modelli compatti per preferenze e nell'incertezza per perseguire l'obiettivo di ottenere un'analisi dettagliata dei modelli per i diversi tipi di preferenze, come pure per progettare un risolutore globale in grado di trattarle tutte. Inoltre, l'unità contribuirà allo studio dei diversi tipi di incertezza e alla loro integrazione in un unico sistema di ragionamento basato su vincoli in grado di gestire le preferenze e l'incertezza. Il lavoro lungo questa linea di ricerca sarà portato avanti attraverso un'intensa collaborazione con l'unità di Perugia, che annovera esperti di vincoli soft e di preferenze bipolari. Padova lavorerà anche con l'unità di Udine per introdurre le preferenze in risolutori di vincoli già esistenti, e con l'unità di Roma per sviluppare scheduler e pianificatori che possano gestire le preferenze.

Ragionamento temporale.

L'unità di ricerca di Padova studierà l'effetto della coesistenza di diversi tipi di incertezza negli approcci basati su vincoli temporali e nell'estensione di tali strutture per il trattamento delle preferenze. All'interno di questa linea di ricerca, Padova collaborerà con l'unità di Udine per confrontare e possibilmente fondere in un unico formalismo metodi per il ragionamento temporale basati sui vincoli e metodi basati sulla logica; collaborerà anche con l'unità di Roma per sviluppare un sistema di ragionamento temporale per problemi di pianificazione e scheduling capace di gestire preferenze e incertezza, e in grado di fornire spiegazioni.

Preferenze in ambito multi-agente.

L'unità di Padova investirà sforzi significativi in questa linea di ricerca; considererà gli aspetti computazionali delle rappresentazioni di preferenze compatte e dell'incertezza nell'aggregazione di preferenze multi-agente. Inoltre fornirà la propria esperienza interdisciplinare per promuovere una fruttuosa fertilizzazione incrociata tra diversi campi di studio, quali la teoria della scelta sociale, la teoria dei giochi, i problemi di matching e l'Intelligenza Artificiale. Questa linea sarà portata avanti in collaborazione con l'unità di Perugia, in particolare per quanto riguarda lo sviluppo di linguaggi di programmazione basati sulle preferenze per scenari di sistemi multi-agente.

Applicazioni.

L'unità di Padova seguirà la progettazione e la distribuzione di strumenti software per il ragionamento temporale basato su vincoli. In collaborazione con l'unità di Roma considererà l'uso di tali strumenti e delle idee innovative sviluppate nel progetto per trattare diversi aspetti dei problemi di scheduling nel dominio dello Spazio. In particolare, si valuterà l'introduzione di nuove tecniche nelle applicazioni attuali (per esempio, la famiglia dei prodotti MEXAR, RAXEM, APSI basati su tecniche di Intelligenza Artificiale e dedicati allo Spazio, che i membri dell'unità di Roma hanno prodotto in un'altra sede). L'unità di Padova, insieme con l'unità di Roma, prevede inoltre di trasporre parte del nostro lavoro teorico al campo delle tecnologie assistive, il cui obiettivo è di mettere a punto i sistemi che controllino ed aiutino le persone anziane, specialmente quelle con danni a livello cognitivo, nelle proprie attività giornaliere.

◆ Udine:

Ragionamento basato su vincoli e preferenze.

I membri dell'unità di Udine impiegheranno le loro competenze in constraint programming (in particolare relativamente all'implementazione di risolutori di vincoli e risolutori ibridi) ed in logic programming per lo sviluppo di risolutori di vincoli ibridi CP-ricerca locale, CP su domini finiti e infiniti, CP e preferenze. Per problemi su vincoli globali che emergeranno in questa fase nascerà una collaborazione con l'unità di Bologna, mentre nell'aspetto preferenze la collaborazione sarà con l'unità di Padova. Inoltre, assieme ad alcuni membri dell'unità di Perugia, si desidera proseguire un recente lavoro congiunto di codifica di linguaggi per la descrizione di azioni in CLP un lavoro di tecniche basate su vincoli per risolvere programmi logici con negazione (ASP). E' prevedibile la collaborazione con Bologna per lo sviluppo di un linguaggio con vincoli adatto alla codifica di problemi biologici.

Ragionamento Temporale.

Alcuni membri dell'unità di Udine sono ricercatori affermati nell'area delle logiche e del ragionamento temporale e si occuperanno di quella parte del progetto anche con l'aiuto di alcuni post-doc e dottorandi.

Applicazioni.

I membri dell'unità di Udine impiegheranno le loro consolidate nelle applicazioni alla bioinformatica del constraint programming per lo sviluppo dell'esistente solver COLA per la predizione della struttura spaziale di una proteina.

◆ **Bologna:**

Ragionamento basato su vincoli e preferenze.

Alcuni componenti dell'unità di Bologna sono esperti di vincoli globali e di tecniche di ricerca. Queste conoscenze saranno usate, in cooperazione con l'unità di Udine, per ottenere modelli e tecniche adatte a descrivere e risolvere i problemi bioinformatici e di scheduling descritti nella linea 5. L'unità contribuirà all'identificazione di opportuni vincoli globali e alla definizione di opportuni propagatori per essi. Inoltre, Bologna collaborerà a identificare opportune integrazioni di algoritmi di ricerca locale e di ricerca su alberi per ottenere risolutori più efficienti.

CLP e CC.

Nell'unità di Bologna vi sono esperti di teoria della concorrenza e di linguaggi per programmazione con vincoli, inclusi aspetti semantici, di verifica, di analisi e di trasformazione di programmi. Alcuni membri hanno lavorato estensivamente sulla programmazione concorrente con vincoli (CCP) e recentemente hanno anche collaborato con colleghi dell'unità di Perugia alla definizione di una estensione di questo paradigma per aggiungere aspetti temporali e vincoli soft. Queste conoscenze e collaborazioni saranno utilizzate nella definizione di una opportuna estensione di CCP per rappresentare contratti e aspetti di Qualità del Servizio nel campo del Service Oriented Computing. Inoltre, le conoscenze su verifica e trasformazione di programmi saranno utili per la definizione di strumenti per la verifica e la sintesi di sistemi software specificati usando CLP o CCP.

Applicazioni.

L'unità di Bologna collaborerà con quelle di Udine e Roma per analizzare problemi quali determinazione della struttura delle proteine, deduzione dell'aplotipo, allineamento dell'RNA, scheduling. Si svilupperanno delle implementazioni prototipali dei vincoli globali e degli algoritmi ibridi di ricerca progettati specificamente per risolvere questi problemi e saranno effettuate valutazioni sperimentali per stabilire la rilevanza delle soluzioni proposte. I risultati ottenuti saranno integrati nel risolutore di vincoli COLA sviluppato a Udine. Inoltre, l'unità di Bologna collaborerà con quella di Perugia alla definizione di una estensione della programmazione concorrente con vincoli adatta alla modellazione e alla verifica di contratti e aspetti di qualità del servizio nell'ambito del Service Oriented Computing.

◆ **Perugia:**

L'unità di Perugia è caratterizzata da un importante background nei campi dei vincoli soft e nei linguaggi di programmazione concorrenti e logici. Questa conoscenza sarà utilizzata sia per il conseguimento dei sotto-obiettivi locali all'unità, sia per promuovere la collaborazione con le altre unità e supportarle sugli argomenti correlati. Più in dettaglio:

Ragionamento basato su vincoli e preferenze (anche in ambito multi-agente).

I vincoli soft sono largamente utilizzati sotto più aspetti differenti riguardanti il progetto. In particolare, esiste una forte collaborazione con l'unità di Padova. Le due unità forniranno insieme un supporto a tutte le altre unità laddove la nozione di vincolo soft o di preferenza è richiesta.

CLP e CC.

E' obiettivo di Perugia estendere il linguaggio di programmazione concorrente con vincoli attraverso primitive stocastiche, temporali e non-monotone utilizzando vincoli soft. In passato, Perugia ha lavorato su queste tematiche con l'unità di Bologna, e alcune delle estensioni citate precedentemente verranno approfondite congiuntamente.

Applicazioni.

Perugia vuole collaborare con Bologna su linguaggi per Qualità del Servizio (QoS) e più precisamente sugli aspetti della negoziazione in architetture orientate ai servizi (SOA). Un'ulteriore collaborazione sarà con l'unità di Udine. Con questa unità Perugia condivide un background nel campo dei linguaggi logici e con vincoli, e sarà quindi utile la collaborazione con alcuni membri dell'unità per lo studio in questo campo. Questa interazione con Udine sarà inoltre proficua per progettare e applicare l'estensione del linguaggio riguardante il campo bioinformatico.

◆ **CNR Roma:**

Vincoli e Preferenze.

L'obiettivo è di creare un formalismo coerente per l'utilizzo delle preferenze nella definizione di problemi di pianificazione e sequenziamento. In particolare, siamo interessati ad integrare le tecniche di ragionamento con preferenze nei metodi risolutivi per problemi di pianificazioni basati su timeline. Si osserva che questa linea di lavoro avrà il vantaggio di utilizzare le significative competenze in materia di preferenze e vincoli presenti all'interno del consorzio.

Ragionamento Temporale.

Questa linea di ricerca utilizzerà le solide conoscenze presenti nel consorzio sul ragionamento temporale quantitativo e sulla rappresentazione di informazioni temporali nei problemi di pianificazione basati su timeline. Numerosi sono i problemi ancora aperti. In particolare, siamo interessati a studiare le proprietà di decomposizione per reti temporali per consentire la soluzione efficiente di problemi di dimensioni significative (ad esempio, diverse migliaia di variabili). Collaboreremo nello studio di metodi risolutivi per problemi temporali disgiuntivi sui quali abbiamo una consolidata esperienza nella definizione di euristiche basate su ragionamento a vincoli. Studieremo anche la possibilità di ridurre problemi di scheduling complessi a problemi di ragionamento temporale disgiuntivo. Si contribuirà con risultati innovativi sia nella rappresentazione e gestione flessibile di piani temporali e sia nella definizione di metodi per la verifica formale della proprietà di un piano. Anche in questo caso sarà stabilita una forte sinergia tra le competenze presenti in questa linea di ricerca e le competenze in tecniche di verifica formale presenti nel consorzio.

Applicazioni.

Si contribuirà a migliorare lo stato dell'arte nella definizione di metodi risolutivi basati su vincoli per la soluzione di problemi di pianificazione e sequenziamento. In particolare, si affronteranno problemi di integrazione di metodi risolutivi per problemi di pianificazione e di sequenziamento, problemi di sequenziamento con risorse state, e problemi di sequenziamento sotto condizioni di incertezza. Inoltre, sempre utilizzando tecniche basate su ragionamento a vincoli, si affronterà il problema complementare di generare spiegazioni ad un'utente per risalire alle cause di inconsistenza di una soluzione parziale. Abbiamo in programma di integrare tutti i risultati che si otterranno nella nostra piattaforma software TRF per il riutilizzo futuro verso attività prettamente applicative. Inoltre, si metterà a disposizione del consorzio la nostra esperienza nella soluzione problemi reali sia nel settore dello spazio che in quello delle tecnologie assistive.

Modalità di integrazione e di collaborazione:

Verrà sviluppato un sito Web di progetto che conterrà una descrizione di tutte le attività di ricerca, come pure la lista delle pubblicazioni prodotte durante il progetto stesso. Questo sito Web sarà utile per la visibilità dei risultati del progetto, ma anche per trovare ulteriori argomenti per possibili collaborazioni in aggiunta a quelli già stabiliti fra le unità di ricerca. Inoltre, ci saranno intensi scambi di email tra le unità. Saranno organizzati tre workshop nell'arco di tempo dedicato al progetto (uno all'inizio, uno dopo un anno e l'ultimo alla fine del progetto). In questi workshop i membri del progetto descriveranno l'attività che stanno svolgendo e preciseranno possibili linee di collaborazione. Durante i workshop, inoltre, ci sarà ampio spazio per la discussione, oltre alle presentazioni orali dei lavori "in itinere". Infine, prevediamo di organizzare molte visite di ricercatori tra le varie unità. Questo permetterà di creare ricche collaborazioni su argomenti di ricerca specifici. Le attività di collaborazione previste comprendono sia il lavoro a livello teorico sia quello a livello applicativo, e si prevede una integrazione dei risultati della ricerca provenienti da entrambi i livelli.

La seguente tabella mostra in modo schematico le linee di ricerca e la partecipazione delle unità a ciascuna di esse:

	Vincoli e Preferenze	Linguaggi con vincoli	Ragionamento Temporale	Preferenze multi-agente	Applicazioni
Padova	X		X	X	X
Udine		X	X		X
Bologna	X	X			X
Perugia	X	X		X	X
Roma	X		X		X

Testo inglese

The five research units have different but complementary skills and competences, that make a very promising base for the advancement of the state of the art towards the objectives of the project. We will now describe the role of each research unit and the planned collaborations with the other units.

♦ Padova:

Constraints and preferences.

The members of the Padova unit will use their expertise in compact preference models and uncertainty to pursue the objective of obtaining a detailed analysis of models for different types of preferences as well as designing a global solver able to handle all of them. Moreover, the unit will contribute to the study of different types of uncertainty and to their embedding in a single constraint-based reasoning system for preferences and uncertainty. The work along this research line will be carried on through an intense collaboration with the Perugia unit, that contains experts in soft constraints and bipolar preferences. Moreover, Padova will also work with the Udine unit to insert preferences into existing constraints solvers, and with the Rome unit to develop schedulers and planners that can handle preferences.

Temporal reasoning.

The Padova research unit will study the impact of the coexistence of different kinds of uncertainty in temporal constraint approaches and in the extension of such frameworks for handling preferences. Within this line, Padova will collaborate with the Udine unit in order to compare and possibly merge in a single formalism constraint-based and logic-based approaches to temporal reasoning, and with the Rome unit on a temporal reasoning system for planning and scheduling problems capable of handling preferences, uncertainty as well as of providing explanations.

Multi-agent preferences.

The Padova unit will invest significant efforts in this line of research, considering computational aspects of compact preference representations and uncertainty in multi-agent preference aggregation. It will also provide its interdisciplinary expertise for promoting a fruitful cross-fertilization among different fields such as social choice, game theory, matching problems and AI. This line will be pursued in collaboration with the Perugia unit in particular in terms of the development of preference-based programming languages for multi-agent settings.

Applications.

The Padova unit will follow the design and deployment of tools based of constraint-based temporal reasoning. In collaboration with the Rome unit, it will consider the use of the tools and innovations synthesized in the project to address several aspects of scheduling problems in the Space domain. In particular, an evaluation of the introduction of new techniques in existing applications (e.g., the family of AI space products MEXAR, RAXEM, APSI that members of the Rome unit have produced in separate work) will be considered. The Padova unit, with the Rome unit, also plans to drive part of its theoretical work towards the needs of the assistive technologies, whose goal is to develop systems that monitor and assist elder people, particularly those with cognitive impairment, in their everyday activities.

♦ Udine:

Constraints and preferences.

The members of the Udine unit will use their expertise in constraint programming (in particular in the implementations of constraint and of hybrid solvers) and in logic programming for the developing of hybrid solvers combining CP and local search, CP on finite domains and real numbers, CP and preferences. For problems of global constraint emerging in these tasks they will exploit the cooperation with the expertise of Bologna. As far as the solver on CP and preferences is concerned, they will work together with the Padova group. The members of the unit of Udine, together with some member of the unit of Perugia, have recently shown how to encode planning problems represented using action description languages in CLP and how to use CP techniques for solving logic programs with negation (ASP). The continuation of these research lines will be carried on together with the Perugia unit. Moreover, they plan to discuss with Bologna for the definition of a constraint logic programming language to encode biological problems.

Temporal reasoning.

Some members of the Udine unit are world-wide recognized researchers in the area of temporal logics and reasoning and they will work on this side of the project cooperating with some post docs and PhD students.

Applications

The Udine unit will use its expertise in constraint-based methods for bioinformatics for the development of the existing solver COLA for the protein structure prediction.

♦ Bologna:

Constraints and preferences.

Some members of the unit in Bologna have expertise on global constraints and on search techniques. This expertise will be used, in cooperation with the unit in Udine, in order to devise powerful constraint models and search techniques for modeling and solving bioinformatics and scheduling problems. The unit will contribute to the identification of suitable global constraints and to the design of effective and efficient propagators for them. Moreover, Bologna will cooperate also to the identification of suitable integrations of local search and tree search algorithms, with the aim of obtaining more efficient solvers.

CLP and CC.

The unit in Bologna has also expertise on concurrency and on languages for constraint programming, including semantic, verification, analysis and transformation issues. More specifically, some members have extensively worked on concurrent constraint programming (CCP) and recently have also cooperated with people from the unit in Perugia to define (temporal and soft) extension of this paradigm. This expertise and cooperation will then play a role in the definition of a suitable extensions of CCP for modeling contracts and Quality of Service aspects in the field of Service Oriented Computing. Moreover, the expertise on verification and transformation methodologies will be useful to define suitable tools for the verification and synthesis of software systems specified in terms of CLP or CCP.

Applications.

The unit in Bologna will cooperate with Udine and Rome in analyzing problems such as protein structure determination, haplotype inference, RNA alignment and scheduling problems. The unit will develop prototype implementations of the global constraints and of the hybrid search algorithms specifically designed to solve these problems, and will conduct an extensive experimental study to assess the relevance of the proposed techniques. The findings of Bologna concerning global constraints and search techniques will be integrated in the Udine ad-hoc constraint solver COLA (Constraint Solving on Lattices). Moreover, the unit in Bologna will cooperate with Perugia in defining a suitable extension of concurrent constraint programming for modeling and verifying contracts and quality of service aspects in Service Oriented Computing.

◆ Perugia:

The unit of Perugia has an important background on the fields of soft constraints, concurrent and logic programming languages. These knowledge will be used both for the development of the local sub-goals but also to foster collaboration and help the other units on these specific topics. In fact, soft constraints are widely used in several aspect of the project. More in detail:

Constraints and (multi-agent) preferences.

A strong collaboration already exists with the unit of Padova. The two units together will give support to all the other units in all the aspects where a notion of soft constraint or preference is needed.

CLP and CC.

Concurrent constraint programming is one of the paradigms Perugia plans to integrate with soft constraints and extend with time, non-monotonicity, and stochastic primitives. The Perugia unit has already collaborated with the unit of Bologna on these aspects, and plans to continue this collaboration.

Applications.

Perugia plans to interact with Bologna and Udine by using the developed extensions of the cc language. In particular, the languages will be used with the unit of Bologna to manage Quality of Service (QoS) aspects of contracting in Service Oriented Architecture (SOAs). With Udine, instead, the language will be used in the bioinformatic field.

◆ CNR Rome:

Constraint and Preferences.

We are pursuing the goal of creating consistent formalisms for using preference specification in the definition of planning and scheduling problems and in qualifying their solution sets. Additionally, we are interested in integrating techniques for preferential reasoning in search control for constraint-based problem solving on timeline-based problem representations. In so doing, we will take advantage of the significant expertise on preferences and constraints within this consortium.

Temporal Reasoning.

We have been working on timeline-based representation for plans and schedule. In such a representation we are casting all our previous work on quantitative temporal constraint networks. Nevertheless several problems are still open. In particular, we are interested in decomposition properties for temporal networks to allow addressing problems of significant size (e.g., several thousand of variables). We also collaborate to research on the Disjunctive Temporal Problems on which we have been synthesizing constraint-based heuristics and studying the role of the formalism as an equivalent representation for complex scheduling problems. We will contribute new results in the area of representing and managing flexible temporal plans and in formally verifying the properties of the plan with respect to solutions it contains. On this aspects again it is worth mentioning the tremendous advantage offered by the possibility of participating in the present project where expertise in formal verification is so high.

Applications.

We will contribute to enhancing the state of the art with respect to the constraint based approach to planning and scheduling problems. In particular we address the problem of planning and scheduling integration, scheduling of complex problems with state resources, an strategies for scheduling under uncertainty. Additionally, we will address the orthogonal problem of generating user oriented explanations during problem solving by reasoning on the structure of the constraint-based problem/solution representation. We plan to integrate all the results we will obtain in our TRF software platform for future re-use it in more application-oriented work. Furthermore, we will make available to the consortium our experience of real instances of problems in both space domains and assistive technologies domains.

Modalities of integration and collaboration:

The project members will build a web site containing a description of all the research activities of the project, as well as the list of publications produced during the project. This web site will be useful for the visibility of the results of the project, and also to find additional topics for collaborations besides those already planned among the research units. Moreover, intensive email exchanges will be carried on among the units. The project members will also organize three workshops during the project timeline (one at the beginning, one after one year, and the last one at the end). In these workshops, the members of the projects will describe their current work and point out lines of possible collaborations. During the workshop, ample time will also be devoted to discussion, besides oral presentations of ongoing work. Finally, we plan to organize several visits of researchers from one research unit to another one. This will allow for a detailed collaboration on specific research topics. The planned collaboration activities regard both theoretical and application work, with envisioned integration of research results at both levels.

The following table shows in a schematic way the research lines and the participation of the research units to each of them:

	Constraints and Preferences	Constraint Languages	Temporal Reasoning	Multi-agent preferences	Applications
Padova	X		X	X	X
Udine		X	X		X
Bologna	X	X			X
Perugia	X	X		X	X
Roma	X		X		X

14 - Risultati attesi dalla ricerca, il loro interesse per l'avanzamento della conoscenza e le eventuali potenzialità applicative

Testo italiano

I risultati attesi dalle attività del progetto sono articolati secondo le seguenti linee.

Ragionamento con vincoli e preferenze:

Intendiamo definire un formalismo unificante basato sui vincoli che permetta di gestire molti tipi di preferenze (bipolari, qualitative, quantitative e condizionali). Questo è un risultato di grande interesse in termini di avanzamento della ricerca in quest'area a causa della natura corrente frammentata dei risultati sulle preferenze che ha spesso causato sforzi sovrapposti e/o assunzioni conflittuali. Prevediamo anche di considerare un'applicazione su largo dominio che includa configuratori, cataloghi on-line, pianificatori automatici e tecnologie designate per l'aiuto a persone anziane.

Volgiamo inoltre definire un formalismo per ragionare con diversi tipi di incertezza in problemi di vincoli. Questo permetterà di gestire informazioni mancanti e dati vaghi come anche la presenza di variabili non controllabili, fornendo soluzioni sia ottime che robuste. L'incertezza è inevitabile in molti problemi reali e può essere modellata in diversi modi. Questo risultato è quindi sia di interesse teorico per la sua generalità e sia di interesse pratico per la natura pervasiva dell'incertezza.

Svilupperemo inoltre un sistema che fonde i due sistemi sopra, ereditando così tutte le loro potenzialità sia dalla prospettiva teorica sia da quella pratica.

Implementeremo il meccanismo che sorge dagli ambienti teorici, capaci quindi di gestire parecchi tipi di preferenze e la presenza dell'incertezza ed equipaggiato con capacità interattive basato su meccanismi sofisticati di elicitazione delle preferenze. Questo è un risultato fondamentale, poiché permetterà l'utilizzo di sistemi designati per applicazioni specifiche.

Dall'analisi sistematica dei vari modelli per la soluzione dei problemi applicativi considerati, ci aspettiamo di trovare pattern di modellazione comuni che possano essere espressi mediante vincoli globali. Vorremmo quindi definire dei meccanismi di propagazione per questi vincoli globali, sfruttandone le caratteristiche strutturali e quindi cercando algoritmi che possano gestirle in modo efficiente. Ci aspettiamo che alcuni vincoli globali possano avere meccanismi di propagazione NP-completi. Per questi vincoli vorremmo realizzare degli algoritmi polinomiali approssimati. Ci aspettiamo inoltre che l'integrazione di algoritmi di ricerca locale e di ricerca su alberi possa essere usata per trattare le caratteristiche di ottimizzazione di alcuni problemi.

Ci si aspetta di realizzare uno strumento in grado di permettere la modellazione di un problema mediante codifica in uno o più linguaggi con vincoli ad alto livello e di affrontare la fase di ricerca della soluzione combinando le tecniche di CP e LS. Per quanto riguarda la parte di modellazione, si permetterà l'utilizzo di linguaggi noti per la programmazione a vincoli e, inoltre, verranno messe a disposizione delle meta-istruzioni che consentano di guidare l'interscambio di azioni tra il risolutore di CP e LS. Abbiamo già verificato la rispondenza alle aspettative in due applicazioni affrontate con l'approccio ibrido. La prima riguarda il problema dell'assegnamento dei turni dei medici all'ospedale di Udine; la seconda il problema della predizione della struttura di una proteina su un reticolo. Si desidera testare lo strumento su un'ampia rosa di problemi applicativi. Ci si aspetta anche di permettere a Gecode di trattare vincoli sui reali combinati ai domini finiti. Tale risolutore esteso verrà testato come motore in un sistema di configurazione a domini misti.

Linguaggi di programmazione basati sui vincoli:

Vogliamo estendere la recente codifica di ADL verso CLP(FD) in più direzioni distinte. In particolare, intendiamo studiare l'inserimento di primitive di tipo qualitativo (preferenze), la possibilità per agenti intelligenti di cooperare al fine di raggiungere un obiettivo condiviso, la possibilità di sfruttare il parallelismo su macchine multi-core, la gestione di azioni non deterministiche, di stati non completamente conosciuti e piani che considerano il costo di azioni e stati. Desideriamo quindi testare il sistema su problemi utilizzati in competizioni di planning. Vogliamo inoltre migliorare le prestazioni del nuovo tool GASP, il quale utilizza CP per trovare la semantica di un modello stabile di un programma ASP con il ritardo del processo di grounding. Intendiamo non essere molto più lenti di altri sistemi basati sul grounding e, invece, risolvere in tempi ragionevoli quei problemi per i quali il grounding richiederebbe troppo spazio per risiedere in un normale hard drive.

Rispetto al linguaggio cc, pensiamo di integrare in un unico formalismo estensioni basate sul tempo e su vincoli soft con operazioni non-monotone (come retract, update e nask). Altro goal che ci proponiamo è quello di definire una diversa semantica per il linguaggio concorrente che garantisca una esecuzione equa (fair) a tutti gli agenti e di utilizzare tale idea nell'ambito della QoS. Il linguaggio cc esteso sarà anche usato per la modellazione e l'analisi di sistemi biologici.

Ragionamento temporale:

Per quanto riguarda i formalismi logici per la rappresentazione e il ragionamento su vincoli temporali (e, attraverso opportune generalizzazioni, spaziali), ci si attende di completare la classificazione dei frammenti di HS rispetto alla loro (in)decidibilità. Fra i frammenti ancora non classificati, ve ne sono alcuni di sicuro interesse, quale, ad esempio, il frammento con operatori temporali che catturano le relazioni di Allen "meets" e "begins". Successivamente, si studierà l'effetto dell'estensione del linguaggio e della semantica dei frammenti decidibili con espressioni metriche e/o di durata (lunghezza di intervalli, durata di eventi) che

conservino le buone proprietà computazionali delle logiche qualitative di partenza. Si svilupperanno quindi algoritmi di decisione ottimali, con particolare attenzione ad una loro possibile codifica integrale tramite opportuni risolutori di vincoli. La rilevanza e l'efficacia degli strumenti proposti per il trattamento dei vincoli temporali verranno valutate sui domini applicativi di interesse, in particolare in bioinformatica, nei sistemi di configurazione, e nel planning.

Vogliamo estendere i problemi temporali disgiuntivi per gestire la presenza di variabili non controllabili. L'interesse di queste dipende dalla coesistenza di un'incertezza disgiuntiva con non-controllabilità in un unico formalismo. Questo produce anche un grande potenziale per le applicazioni, specialmente nei domini del planning e dello scheduling, dove questi due tipi di incertezza spesso coesistono. Vogliamo anche estendere le Reti Temporali con Alternative (TNAs) con preferenze. Questo permetterà di condizionare sia eventi che preferenze all'occorrenza di eventi o ad altre preferenze. TNAs sono attualmente applicati con successo in sistemi di pianificazione industriale e l'estensione che forniremo permetterà di avere ottimizzazione e flessibilità.

Progetteremo e svilupperemo un risolutore di problemi temporali con variabili non controllabili e preferenze che cambiano dinamicamente. Questo risolutore permetterà di trovare soluzioni ottime che presentano diversi gradi di controllabilità. Lo sviluppo di questo risolutore sarà eseguito specificatamente per un'inclusione diretta in sistemi di applicazioni spaziali già sviluppati da altri membri di questo progetto.

Ragionamento con preferenze multi-agente:

Svilupperemo metodi efficienti per trovare le alternative più preferite dove preferenze e vincoli sono espressi da parecchi agenti. Questo risultato è fortemente richiesto dalla crescita delle comunità socialmente organizzate di agenti artificiali e dal bisogno di trattare insieme di alternative di taglia combinatoria.

Forniremo una caratterizzazione dei metodi di aggregazione tramite proprietà quali la fairness e la manipolabilità. Queste proprietà sono desiderabili nel contesto dell'Intelligenza Artificiale (AI) così come in scenari umani. Inoltre, l'analisi computazionale dell'aggregazione e della manipolazione aggiunge un'informazione precisa che permetterà di usare criteri migliori per scegliere i metodi di aggregazione più adatti per ogni applicazione.

Progetteremo metodi di aggregazione capaci di gestire l'incertezza nel modo in cui le preferenze sono aggregate, come anche nelle preferenze dei singoli agenti. Questo sarà seguito dallo studio dell'impatto dell'incertezza su fairness e manipolazione. Poiché le comunità di agenti coinvolte in processi decisionali crescono sempre più, l'informazione completa diventa quasi sempre irraggiungibile. Pertanto, è importante avere un sistema capace di determinare quando l'informazione fornita è sufficiente per prendere una decisione ottima o quasi-ottima. Questo studio è di interesse per le applicazioni che riguardano comunità on-line come anche società emergenti di agenti artificiali che interagiscono tra di loro.

Intendiamo reinterpretare dei risultati della teoria dei giochi in un contesto di AI. Questo permetterà di chiarire una volta per tutte la relazione tra risultati che vengono da aree diverse che riguardano tutte l'aggregazione di preferenze multi-agente e di adattarli ad un contesto di AI.

Generalizzeremo lo scenario dei problemi di matching per compattare la rappresentazione delle preferenze e dell'incertezza. Questo approccio sarà valutato in termini di complessità computazionale, questioni di privacy, e di resistenza alla manipolazione. I problemi di matching sono stati di grande interesse sia teorico che pratico. Questa generalizzazione crescerà la loro potenzialità, e fornirà la base per le applicazioni in scenari di AI.

Progetteremo un risolutore completo per problemi matching stabili con indifferenza e incompletezza, dove le preferenze possono essere rappresentate in modo compatto. Questo risolutore sarà anche confrontato con un approccio di ricerca locale e sarà esteso ad altri problemi di matching.

Applicazioni:

Riguardo ai problemi bioinformatici, ci si attende che l'estensione proposta dello strumento COLA per la predizione della struttura spaziale delle proteine possa essere utilizzato dai biologi/biotecnologi. Lo strumento permetterà un grado di discretizzazione definito dall'utente anziché un numero predefinito di punti e angoli come nella prima versione. Ciò consentirà di inserire nella predizione informazioni parziali provenienti dalle banche dati biologiche, o altre, quali quelle provenienti da predizioni di strutture secondarie, vincoli di distanza NMR e mappe di densità. Se da un lato l'alto numero di punti ammissibili per ogni atomo costituirà un problema per la crescita dello spazio di ricerca, dall'altro consentirà di ottenere delle predizioni realistiche, e di sviluppare euristiche di labeling guidate dalle statistiche sugli angoli torsionali delle proteine, come fatto, ad esempio, da ROSETTA. Inoltre, dal lato delle reazioni biochimiche, pensiamo di usare l'estensione del linguaggio cc proposto nel progetto per rappresentare proprietà quantitative dei sistemi biologici. Nostro risultato finale sarà l'uso di un tool basato sul linguaggio proposto per una analisi preclinica in silico.

Riguardo a QoS e SOC, il nostro primo risultato sarà la definizione e lo sviluppo di un linguaggio adatto a modellare contratti e, più in generale, aspetti quantitativi quali costo, performance ecc. Tale linguaggio dovrà avere un potere espressivo sufficiente per poter modellare aspetti comportamentali di sistemi reali e, allo stesso tempo, dovrà permettere la dimostrazione finita (e possibilmente efficiente) di proprietà rilevanti. Svilupperemo quindi opportuni strumenti di verifica per tale linguaggio usando anche la metodologia basata su trasformazione di programmi. Infine ci aspettiamo di poter verificare proprietà di sistemi reali nel contesto dei servizi web.

Dall'attività svolta in questo progetto ci aspettiamo un duplice risultato: a) contribuire all'avanzamento dello stato dell'arte di un innovativo approccio alla risoluzione di problemi di Planning e Scheduling; b) dimostrare le ricadute applicative dei risultati di ricerca conseguiti, incrementando il numero ed il tipo di problemi reali che possono essere risolti con questo nuovo approccio. Per quanto riguarda il primo punto, il progetto consentirà lo sviluppo di un approccio robusto alla formalizzazione perseguito attraverso l'uso della piattaforma TRF; la nuova architettura prodotta consentirà di affrontare diverse sfide di ricerca quali il problema dell'integrazione di Planning e Scheduling e la verifica e la validazione formale di piani. L'estensione dei solver esistenti supporterà la creazione di nuove euristiche risolutive per problemi di sequenziamento particolarmente complessi e la gestione della incertezza in fase di esecuzione. Inoltre ci aspettiamo anche dei risultati positivi nella sintesi di spiegazioni automatiche orientate agli utenti e nella gestione di preferenze nel problem solving. Tutti questi aspetti di ricerca sono estremamente rilevanti nei contesti applicativi e funzionali ad un effettivo impiego delle tecnologie di P&S. Per questo intendiamo anche realizzare dei prototipi dimostrativi basati sui menzionati risultati di ricerca, che siano contestualizzati in reali domini applicati (es. il dominio di aiuto cognitivo ad utenti anziani). È bene menzionare che i partecipanti a questo progetto hanno già dimostrato capacità di adattare i loro risultati di ricerca in contesti applicativi anche molto difficili.

Testo inglese

The expected results from the project activities are articulated along the following lines.

Reasoning with constraints and preferences:

We plan to develop a unifying constraint-based framework encompassing all the different types of preferences (bipolar, qualitative, quantitative, and conditional). This is a result of great interest in terms of the advancement of the research in this area due to the current fragmented nature of the results on preferences which has often caused overlapping efforts and/or conflicting assumptions. We also foresee a large application domain, including configurators, on-line catalogs, automated planners and assistive technologies.

Moreover, we want to design a formalism for reasoning with several types of uncertainty in constraint problems. This will allow to handle missing information and vague data as well as the presence of uncontrollable variables, providing optimal as well as robust solutions. Uncertainty is unavoidable in many real-life problems and can be modeled in different ways. Thus, this result is of both theoretical interest for its generality and of practical interest due to the pervasive nature of uncertainty.

We also plan to develop a system merging the two above, and thus inheriting all of their potentialities both from a theoretical and practical perspective.

We intend to implement the machinery arising from the theoretical settings above, thus able to handle several kinds of preferences, the presence of uncertainty, and equipped with interactive capabilities based on sophisticated preference elicitation mechanisms. This is a fundamental result, since it will allow for the actual deployment of the designed systems within the target applications.

From a systematic analysis of the various models used for solving the application problems, we expect to find out common modeling patterns which can be turned into global constraints. We want to design propagators for these global constraints by characterizing their common structural features and then looking for algorithmic tools that could handle these features efficiently. We expect that propagating many useful global constraints for the bioinformatics problems will turn out to be NP-complete. For such constraints, we plan to design polynomial approximation algorithms. We also expect that suitable integrations of local search with the tree

search algorithms could be used to deal with the optimization characteristic of some problems.

We also plan to develop a tool that allows to model a problem with several high level language encodings and that combines CP and LS techniques. Concerning the modeling task, we want to address popular constraint programming languages and, moreover, we will provide meta-instructions that allow to guide the exchange of information between the CP and LS solvers. We recently experimentally verified the soundness of the approach with two applications that rely on the technique depicted above. The first one is the problem of the shift assignments for medical doctors at Udine Hospital and the second is the problem of the prediction of a protein structure on a lattice. We plan to test the tool on a set of benchmarks. We also plan to extend Gecode to deal with constraints on real numbers. The extended solver will be tested on a configuration system on mixed domains.

Programming languages based on constraints:

We plan to extend the recent encoding of ADL into CLP(FD) in several directions. In particular, we plan to study the addition of primitives of qualitative type (preferences), the capability of intelligent agents to cooperate to achieve the same goal, the possibility to exploit parallelism on multi-core machines, the handling of non-deterministic actions, partially known states and plans that consider the cost of actions and states. We wish to test the system on the problems of the planning competitions. We also plan to improve the performances of the recent tool GASP that uses CP to compute the stable model semantics of an ASP program with the delay of the grounding. We plan to be not too much slower than other systems based on grounding and, instead, to solve in reasonable time problems for which the grounding would take too much space to stay in a usual hard drive.

With respect to the cc languages, we plan to integrate the timed and soft extensions of the language and to introduce non-monotonic operations (like retract and update). Moreover, we plan to investigate a different semantics for the concurrent language that gives guarantee of fair execution to all the agents. The fairness property will be studied both from a theoretical perspective and used in the context of QoS applications. The extended language will be also used for the modelization and analysis of biological systems.

Temporal reasoning:

As far as the logic formalisms for the representation and reasoning on temporal and spatial constraints are concerned, we plan to conclude the classification of HS fragments respect to their (un)decidability. Among the unclassified fragments, there are some of particular interest: for example the one with temporal operators that captures the Allen's relations "meets" and "begins". We also plan to study the effect of the extensions of the language and of the decidable fragments with metric expressions and/or duration (interval length, duration of intervals) that preserve the good computational properties of the original qualitative logics. The successive step is the development of optimal decisional algorithms, with particular care for their possible complete encoding with constraint solvers. The importance and the effectiveness of the proposed tools for the treatment of temporal constraints will be evaluated over specific application domains. In particular, in Bioinformatics, configuration systems, and planning.

We plan to extend Disjunctive Temporal Problems for handling the presence of uncontrollable variables. The interest of this relies in the coexistence of disjunctive uncertainty with uncontrollability in a single formalism. This also bears a great potential for applications, especially in the planning and scheduling domain, where the two types of uncertainty often coexist.

We also plan to extend Temporal Networks with Alternatives (TNAs) with preferences. This will allow to condition both events and preferences to the occurrence of events or to other preferences. TNAs are currently applied successfully in industrial planning tools and the extension we will provide will allow for optimization and flexibility.

We intend to design and develop a solver for temporal problems with uncontrollable variables and dynamically changing preferences. Such a solver will be able to find optimal solutions featuring different degrees of controllability. The development of this solver will be carried out specifically for a direct embedding within the space application tools already developed by other members of this project.

Multi-agent preference reasoning:

We plan to design efficient methods for finding the most preferred outcomes in settings where preferences or constraints are expressed by several agents. This results is strongly called for due to the growth of socially organized communities of artificial agents and the need to deal with sets of alternatives of combinatorial size.

We also want to provide a characterization of the aggregation methods via properties such as fairness and manipulability. These properties are desirable in the AI context just as much as in human scenarios. Moreover, the computational analysis of aggregation and manipulation adds precious information that will allow to use better criteria for choosing the most suitable aggregation methods for each application.

We will focus on the design of aggregation methods able to deal with uncertainty in the way preferences are aggregated, as well as in the preferences of the single agents. This will be followed by the investigation of the impact of uncertainty on fairness and manipulation. As the communities of agents involved in decision making processes grow more and more, complete information becomes almost always unachievable. Thus, the importance of a system able to detect when the information provided is sufficient to take an optimal or near-optimal decision. This study is of interest for applications regarding on-line communities as well as emerging societies of interacting artificial agents.

We will pursue the reinterpretation of results of game theory and social choice in an AI context. This will allow to clarify once for all the relation among results coming different areas all concerned with multi-agent preference aggregation and to adapt them to an AI context.

We plan to generalize the setting of matching problems to compact representations of preferences and uncertainty. Such an approach will be evaluated in terms of computational complexity, privacy issues, and resistance to manipulation. Matching problems have been of great theoretical interest and application value. This generalization will greatly increase their theoretical reach, and will provide the basis for applications in the AI scenarios.

Finally, we will design a complete solver for the stable matching problem with indifference and incompleteness, where preferences may be represented compactly. Such a solver will be also compared to a local search approach and will then be extended to other matching problems.

Applications:

We expect that the proposed extension to the tool COLA for the spatial structure prediction of proteins could be used by biologists/biotechnologists. The user can choose at the beginning the degree of discretization, instead of the fixed set of points and angles of the first version. This will allow to use partial information from the protein data bank, partial secondary structure predictions, NMR distances, and density maps. The drawback is an increase of the admissible points for each atom. However, this should be compensated by the quality of the predictions, the possibility to develop heuristics based on the torsional angles statistics as done in ROSETTA.

Moreover, from the biochemical reactions side, we plan to use the extensions of the cc language proposed in the project to represent quantitative properties of the biological system. Our final result would be the use of a tool based on the language for in-silico preclinical analysis. We also plan to extend some (fuzzy) temporal logic framework to be able to test quantitative properties of biological systems.

As for QoS and SOC, our first result will be the development of a language able to model contracts and, more generally, to represent quantitative properties such as cost, performance etc. Such a language should have enough expressive power to model behavioural aspects of real systems and, yet, should allow to prove finitely (and possibly efficiently) relevant properties. We will then develop suitable verification tools for such a language, possibly using transformation methodology as described in WP2. Finally, we expect to verify properties of real systems in the context of web service applications.

With the activity of this project we expect a twofold result: a) contribute to advancement of the state-of-the-art of an innovative approach to the resolution of open problems in the Planning and Scheduling area; b) increase the problems (in terms of number and complexity) that can be tackled with the constraint-based technologies with particular reference to applicative contexts. As for the first aspect, the project will allow the development of a robust formalization of the approach pursued through the TRF platform, and the study of properties of such formalization; the new framework will allow the investigation of an integration between the Planning & Scheduling problem solving as well as of the plan and schedules Validation & Formal Verification tasks; the extension of the existing solver will support

the definition of heuristic optimization methods for hard scheduling problem solving and the management of uncertainty at execution time; in addition we expect an improvement of the current techniques to compute automated user-oriented explanation and the management of preferences in problem solving. All these aspects are extremely relevant in applicative contexts, when real problems are to be tackled. For this reason we envisage the use of the obtained research results in demonstrative prototype contextualized to real world domains, choosing as a reference domain the one related to the cognitive support for elderly people. It is worth mentioning that already in the past results from this unit have been adapted with success in challenging work environments.

15 - Elementi e criteri proposti per la verifica dei risultati raggiunti

Testo italiano

I criteri da usare per verificare i risultati della ricerca ottenuti durante questo progetto sono quelli usuali per un'attività scientifica nel contesto dell'informatica. In particolare, per questo progetto, crediamo che i criteri più significativi siano:

- ◆ *La pubblicazione di articoli scientifici in riviste o convegni internazionali di alto livello e riguardanti le aree di ricerca interessate dal progetto.*
- ◆ *Premi come il premio per il miglior articolo, o simili, ad articoli scientifici contenenti risultati dell'attività del progetto.*
- ◆ *Una quantità significativa di citazioni per articoli collegati al progetto. Notare che è necessario del tempo prima che si arrivi ad un numero significativo di citazioni, quindi probabilmente dovremo attendere fino alla fine del progetto per valutare il progetto secondo questo criterio.*
- ◆ *Inviti a membri del progetto per presentazioni riguardanti risultati ottenuti durante il progetto.*
- ◆ *Edizioni di volumi speciali di riviste, di libri, o collezioni di articoli, da parte di membri del progetto, riguardanti linee di ricerca collegate al progetto.*
- ◆ *Uso di parte del software sviluppato durante il progetto da parte di altri ricercatori, come anche il suo inserimento in software già esistente.*

Testo inglese

The criteria to be used to verify the research results obtained by the project should be the standard ones to use for any scientific activity in the computer science context. In particular, for this project, we believe that the most significant criteria are:

- ◆ *Publications of scientific papers in highly-ranked international journals or conferences of the relevant research areas.*
- ◆ *Best paper or similar prizes to scientific papers containing project-related results.*
- ◆ *Significant amount of citations for papers related to the project. Note that some time is needed to reach a significant number of citations for a paper, so probably we will have to wait until the end of the project to evaluate the work according to this criterion.*
- ◆ *Invitations of members of the project to give talks about research results obtained during the project.*
- ◆ *Editions of special issue of journals, of books, or collections of articles, by some members of the project, related to the research lines of the project.*
- ◆ *Use of part of the software developed during the project by other researchers, as well as its embedding in other existing software.*

16 - Mesi persona complessivi dedicati al Progetto di Ricerca

		Numero	Disponibilità temporale indicativa prevista		Totale mesi persona
			Impegno 1° anno	Impegno 2° anno	
Componenti della sede dell'Unità di Ricerca		16	80	71	151
Componenti di altre Università /Enti vigilati		4	21	21	42
Titolari di assegni di ricerca		6	23	23	46
Titolari di borse	Dottorato	11	60	58	118
	Post-dottorato	0			
	Scuola di Specializzazione	0			
Personale a contratto	Assegnisti	4	24	23	47

	<i>Borsisti</i>	<i>1</i>	<i>4</i>	<i>4</i>	<i>8</i>
	<i>Altre tipologie</i>	<i>0</i>			
<i>Dottorati a carico del PRIN da destinare a questo specifico progetto</i>		<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>Altro personale</i>		<i>6</i>	<i>22</i>	<i>22</i>	<i>44</i>
TOTALE		48	234	222	456

17 - Costo complessivo del Progetto articolato per voci

Voce di spesa	Unità I	Unità II	Unità III	Unità IV	Unità V	TOTALE
Materiale inventariabile	9.000	11.000	7.000	11.000	4.000	42.000
Grandi Attrezzature	0	0	0	0	0	0
Materiale di consumo e funzionamento (comprensivo di eventuale quota forfettaria)	7.000	7.000	7.000	8.000	6.000	35.000
Spese per calcolo ed elaborazione dati	0	0	0	0	0	0
Personale a contratto	15.000	20.000	20.000	22.000	22.000	99.000
Dottorati a carico del PRIN da destinare a questo specifico progetto	0	0	0	0	0	0
Servizi esterni	0	0	0	500	0	500
Missioni	10.000	5.000	21.000	10.000	9.000	55.000
Pubblicazioni (*)	0	2.000	0	500	0	2.500
Partecipazione / Organizzazione convegni (*)	22.000	20.000	7.000	13.000	15.000	77.000
Altro (voce da utilizzare solo in caso di spese non riconducibili alle voci sopraindicate)	0	0	1.000	0	0	1.000
Costo convenzionale	7.000	5.000	7.000	5.000	4.000	28.000
TOTALE	70.000	70.000	70.000	70.000	60.000	340.000

18 - Prospetto finanziario suddiviso per Unità di Ricerca

	Unità I	Unità II	Unità III	Unità IV	Unità V	TOTALE
a.1) finanziamenti diretti, disponibili da parte di Università/Enti vigilati di appartenenza dei ricercatori dell'unità operativa	14.000	16.000	0	0	0	30.000
a.2) finanziamenti diretti acquisibili con certezza da parte di Università/Enti vigilati di appartenenza dei ricercatori dell'unità operativa	0	0	14.000	16.000	14.000	44.000
a.3) finanziamenti connessi al costo convenzionale	7.000	5.000	7.000	5.000	4.000	28.000
b.1) finanziamenti diretti disponibili messi a disposizione da parte di soggetti esterni	0	0	0	0	0	0
b.2) finanziamenti diretti acquisibili con certezza, messi a disposizione da parte di soggetti esterni	0	0	0	0	0	0
c) cofinanziamento richiesto al MIUR (max 70% del costo complessivo)	49.000	49.000	49.000	49.000	42.000	238.000
TOTALE	70.000	70.000	70.000	70.000	60.000	340.000

I dati contenuti nella domanda di finanziamento sono trattati esclusivamente per lo svolgimento delle funzioni istituzionali del MIUR. Incaricato del trattamento è il CINECA- Dipartimento Servizi per il MIUR. La consultazione è altresì riservata al MIUR - D.G. della Ricerca -- Ufficio IV -- Settore PRIN, alla Commissione di Garanzia e ai referee scientifici. Il MIUR potrà anche procedere alla diffusione dei principali dati economici e scientifici relativi ai progetti finanziati. Responsabile del procedimento è il coordinatore del settore PRIN dell'ufficio IV della D.G. della Ricerca del MIUR.

Firma _____

Data (dal sistema alla chiusura della domanda)