

## Curriculum di PAOLO BOTTONI

**Indirizzo di lavoro:** Dipartimento di  
Informatica. Sapienza - Università di Roma.  
Viale Regina Elena 295 - 00161 Roma.  
Tel. 06 4925 5166  
Fax 06 8541842  
Email: [bottoni@di.uniroma1.it](mailto:bottoni@di.uniroma1.it)

## **Dati biografici**

### **Dati personali**

Nato a. Residente a.

### **Carriera scolastica**

- 1979 Maturità scientifica conseguita a Milano con la votazione di 58/60.
- 1988 Laurea in Fisica conseguita presso l'Università degli Studi di Milano con la votazione di 107/110. Relatore Prof. P.Mussio.
- 1995 Dottorato in Informatica VI Ciclo, consorzio Milano - Torino. Relatori Prof. P.Mussio e Prof. G.Mauri.

### **Posizione attuale**

Professore Straordinario di Informatica (SSD INF-01), presso il Dipartimento di Informatica - Sapienza Università di Roma - Viale Regina Elena 295 - 00161 Roma.

### **Attività professionali**

- 2017- Professore Straordinario presso il Dipartimento di Informatica di Sapienza – Università di Roma.
- 2000-2017 Professore Associato (confermato dal 1 Novembre 2003) presso il Dipartimento di Informatica dell'Università "La Sapienza" ora Sapienza – Università di Roma.
- 1994-2000 Ricercatore (confermato dal 3 Ottobre 1997) presso il Dipartimento di Scienze dell'Informazione dell'Università "La Sapienza".
- 1990-94 Dottorando in Informatica, VI Ciclo Università di Milano e Torino.
- 1990 Borsista presso il Centro Studi di Medicina Teoretica - Università degli Studi di Milano.
- 1988-89 Contrattista presso il Dipartimento di Fisica - Università degli Studi di Milano.

### **Lingue conosciute**

Inglese: Ottimo (Proficiency)

Francese: Buono

Tedesco: Basico (Zertifikat Deutsch)

## Attività didattica

### Presso l'Università di Aizu, Japan (Graduate School – LeadingEdge IT Specialist)

- 2010 Titolare del corso *Software Development Tools*  
2007 Titolare del corso *Software Development Tools*

### Presso l'Università di Roma "Sapienza"

- 2017- Titolare del modulo di *Business Process Management* nel Corso di *Business Intelligence* (Facoltà di Economia, Master in *Business Management*)  
2013- Titolare del Corso di *Ingegneria del Software Avanzata* (ora *Advanced Software Engineering*)  
2002- Titolare del Corso di *Ingegneria del Software I* (ora *Ingegneria del Software*)  
2008-2013 Titolare del Corso di *Interazione Uomo-Macchina I* (poi *Interazione Uomo-Macchina*)  
2006-2009 Co-titolare dell'attività formativa complementare *Sistemi per l'interazione locale e remota*  
2005-2007 Titolare del corso *Web Programming e Elaborazione Multimediale* (Corso di Laurea Specialistica in Editoria, comunicazione multimediale e giornalismo, Facoltà di Scienze della Comunicazione)  
2004-2006 Affidamento del Corso di *Programmazione Avanzata*  
2004 Ciclo seminariale su *Linguaggi visivi* Dottorato in Informatica  
2003-2007 Titolare del Corso di *Linguaggi e Compilatori*  
2002-2009 Affidamento per supplenza del Corso di *Laboratorio di Sistemi Interattivi*  
1999-2003 Affidamento del Corso di *Linguaggi di Programmazione I: Compilatori*  
1998-2002 Affidamento del Corso di *Laboratorio di Informatica III: Progettazione*  
1997-2003 Affidamento del Corso di *Laboratorio di Informatica II: Compilatori*  
1997-9 Assistenza al Corso di *Logica Matematica*  
1997/8 Assistenza al Corso di *Architetture degli Elaboratori I*  
1997-98 Seminari nell'ambito del Corso di Informatica della Scuola di Specializzazione in Biotecnologie  
1995-97 Assistenza al Corso di *Laboratorio di Informatica II: Compilatori*  
1995 Seminari nell'ambito del Corso di *Modelli per la Computazione Interattiva* del Dottorato in Informatica  
1994/5 Assistenza al Corso di *Laboratorio di Informatica I: Programmazione*

### Presso l'Università di Milano

- 1991-92 Attività tutoriale nell'ambito del corso di *Biometria e Metodologia Statistica* della Scuola di Specializzazione in Genetica Medica  
1991-92 Seminari nell'ambito del corso di *Teoria dei Sistemi* del Corso di Laurea in Fisica

- 1989        Interventi al ciclo di incontri *Il calcolo automatico per il Biologo ed il Naturalista: alcune applicazioni* presso il Corso di Laurea in Scienze Biologiche
- 1988-92     Seminari nell'ambito del corso di *Elaborazione di Immagini* del Corso di Laurea in Scienze dell'Informazione

**Presso la Scuola Trasporti e Materiali dell'Esercito Italiano**

- 1992-95     Corso di Linguaggi *Formali e Compilatori* per il conseguimento della Laurea in Informatica da parte degli Allievi Ufficiali.

Relatore e correlatore di oltre 70 tesi di laurea, in Fisica, Scienze dell'Informazione e Informatica su argomenti relativi al riconoscimento di strutture in immagini naturali, alla modellazione dell'incertezza, alla definizione di strumenti di calcolo interattivi, alla definizione formale di linguaggi visivi, a modelli per l'ingegneria del software. Tutore di tre tesi di Dottorato in Informatica su: pianificazione adattiva di workflow in ambienti mobili, interazione con tangibili e superfici multi-touch, annotazione interattiva di pagine Web. Tutore di oltre 50 attività di tirocinio formativo per lauree triennali del settore INF01.

Nei corsi di Laboratorio di Progettazione, Laboratorio di Sistemi Interattivi, Ingegneria del software e Interazione Uomo-Macchina sono stati coordinati progetti di sistemi interattivi per editing visivo di Automi a stati finiti, Fogli elettronici, Ambienti di generazione di giochi interattivi di tipo "arcade", Ambienti di generazione di giochi di carte, Simulatori di traffico autostradale, Agende elettroniche e gestione impegni, Sistemi di voto on-line, Sistemi informativi per il turismo, Sistemi di sportello al cittadino, Sistemi di gestione ristoranti, Sistemi di gestione di workflow. Sistemi di gestione museale.

### **Soggiorni presso istituti di ricerca esteri**

- 2018 Febbraio: soggiorno di una settimana presso la Shizuoka University a Hamamatsu, per attività di ricerca su Interazione multimodale.
- 2016 Novembre: soggiorno di una settimana presso la Shizuoka University a Hamamatsu, per attività di ricerca su Interazione multimodale.
- 2015 Agosto: soggiorno di una settimana presso la Shizuoka University a Hamamatsu, per attività di ricerca su Interazione multimodale.
- 2015 Gennaio-Marzo: soggiorno di due mesi e mezzo come Visiting Researcher presso la Shizuoka University a Hamamatsu, per attività di ricerca su Interazione multimodale.
- 2013 Aprile-Giugno: soggiorno di tre mesi come Visiting Researcher presso la Shizuoka University a Hamamatsu, per attività di ricerca su Interazione multimodale.
- 2010 Gennaio-Marzo: soggiorno di tre mesi come Visiting Researcher presso l'Università di Aizu, per attività di ricerca sui Linguaggi visivi e come Docente per l'IT Leading Edge Graduate Curriculum.
- 2007 Ottobre-Dicembre: soggiorno di tre mesi come Visiting Researcher presso l'Università di Aizu, per attività di ricerca sui Linguaggi visivi e come Docente per l'IT Leading Edge Graduate Curriculum.
- 2002 Luglio-Settembre: soggiorno di due mesi con Short Term Fellowship della Japan Society for the Promotion of Science presso il DataBase Lab dell'Università di Aizu, su definizione di strumenti per la personalizzazione dell'interazione su Web.
- 2002 Gennaio-Febbraio: soggiorno di un mese presso la School of Computer Science and Engineering della Monash University di Melbourne (Australia), grazie a un Grant dello Australian Research Council, finalizzato alla definizione di logiche per le trasformazioni diagrammatiche.
- 1999 Luglio-Settembre: soggiorno di due mesi con Science and Technology Agency Fellowship presso lo Human Media Lab dell'ElectroTechnical Laboratory di Tsukuba, finalizzato alla definizione di strumenti per la personalizzazione delle forme di interazione col calcolatore.
- 1996 Agosto: soggiorno di un mese presso il Rank Xerox Research Centre di Grenoble finalizzato alla sperimentazione di tecniche di definizione di interfacce visive per la definizione di workflow.
- 1996 Gennaio: soggiorno di due settimane presso il Rank Xerox Research Centre di Grenoble finalizzato allo studio di tecniche di definizione di interfacce visive per la programmazione orientata agli agenti.
- 1995 Novembre: soggiorno di due settimane presso il Rank Xerox Research Centre di Grenoble finalizzato all'approfondimento della definizione di agente con capacità riflessive.

1994 Marzo-Settembre: soggiorno di sei mesi presso il Rank Xerox Research Centre di Grenoble finalizzato all'approfondimento teorico-pratico dei temi riguardanti la programmazione orientata agli agenti affrontati nella Tesi di Dottorato.

### **Riconoscimenti**

2016 Rinnovo nomina a Honorable Guest Professor per la Shizuoka University (1 Aprile 2016 – 31 Marzo 2018)

2014 Riconoscimento per Most Influential Paper per la categoria 20 anni +/-1 dell'IEEE Symposium on Visual Languages / Human Centric Computing

2014 - Nominato Honorable Guest Professor per la Shizuoka University (1 Aprile 2014 – 31 Marzo 2016)

2007-2010 Nominato Associate Faculty per la University of Aizu.

### **Attività istituzionali**

2019 Consulente Tecnico per Tribunale di Cagliari su una causa riguardante un appalto di fornitura di Software, promossa da Abbanoa SpA.

2018 Presidente della Commissione per gli Esami di Stato per l'ammissione all'Albo degli Ingegneri dell'Informazione (categorie A e B).

2017- Presidente del Consiglio di Area Didattica in Informatica, Università Sapienza

2017 Membro di una commissione di gara per la gestione del servizio software promossa da FondImpresa.

2016 Membro di una commissione di concorso per un posto di Ricercatore in Informatica (RTD-A), Università di Milano Bicocca.

2016 Membro di una commissione di gara per la gestione del servizio software promossa da FondArtigianato.

2015 Verificatore per il Consiglio di Stato su una causa relativa a una gara di appalto per la fornitura di software promossa dal Comune di Gazoldo degli Ubaldi.

2015 Membro di una commissione di gara per la fornitura di software promossa dalla Fondazione Italiana per l'Innovazione Forense.

2014 Verificatore per il Consiglio di Stato su una causa relativa a una gara di appalto per la manutenzione di apparati informatici promossa dal Ministero del Tesoro.

2008 Membro di una commissione di concorso per un posto di Ricercatore in Informatica, Università di Milano Bicocca.

2007 Membro di una commissione di concorso per due posti di Ricercatore in Informatica, Università di Torino.

2005 Membro di una commissione di concorso per un posto di Professore Associato in Informatica, Università di Milano-Bicocca.

2003 Membro di una commissione di concorso per l'assegnazione di 10 posti di Tecnico Informatico presso il Senato della Repubblica Italiana.

2001      Membro di una commissione di concorso per un posto di Ricercatore in Informatica, Università di Salerno.

#### **Attività relative a programmi di dottorato italiani**

- 2017 -      Membro della Commissione per la tesi di Dottorato XXVIII Ciclo – L'Aquila, 7 Aprile 2017
- 2013 -      Membro della Commissione per l'ingresso al Dottorato in Informatica (XXIX Ciclo) – Roma, 1 Ottobre 2013
- 2012 -      Dottorato di Informatica - Università degli Studi di Milano – Revisore della tesi di Claudia Iacob
- 2005 -      Membro della Commissione per l'ingresso al Dottorato in Informatica (XXI Ciclo) – Roma, 5 Ottobre 2005
- 2005      Membro della Commissione per la tesi di Dottorato XVII Ciclo – Bari, 24 Marzo
- 2011 -      Dottorato di Informatica - Università "Sapienza" - Nominato Supervisore della tesi di Miguel Ceriani
- 2011 -      Dottorato di Comunicazione Multimediale - Università degli Studi di Udine – Revisore della tesi di Antonella Varesano
- 2010 -      Dottorato di Informatica - Università "Sapienza" - Nominato Supervisore della tesi di Amjad Hamash
- 2005 -      Dottorato di Informatica - Università "La Sapienza" - Nominato Supervisore della tesi di Fabio De Rosa
- 2005 -      Membro della Commissione per l'ingresso al Dottorato in Informatica (XXI Ciclo) – Roma, 5 Ottobre 2005
- 2005      Membro della Commissione per la tesi di Dottorato XVII Ciclo – Bari, 24 Marzo 2005.
- 2003      Membro della commissione per l'ingresso al Dottorato in Informatica (XIX Ciclo) – Roma, 7 Ottobre 2003.
- 2003      Membro della Commissione per la tesi di Dottorato XIV Ciclo – Salerno, 28 Febbraio 2003.
- 2003      Membro della Commissione per la tesi di Dottorato XIV Ciclo – Milano, 8 Gennaio 2003.

#### **Attività relative a programmi di dottorato esteri**

- 2012      Membro della commissione per il conferimento del titolo di Ph.D. a Sonja Maier, Bundeswehr Universität, Monaco di Baviera, Germania, 24 Settembre 2012.
- 2008      Membro della commissione per il conferimento del titolo di Ph.D. a Pedro Pablo Perez, Universidad Autonoma de Madrid, Madrid, Spagna, 18 Aprile, 2008.
- 2006      Membro della commissione per il conferimento del titolo di Ph.D. a Omid Banyasad, Dalhousie University, Halifax Canada, 12 Giugno, 2006.

2002      Membro del Jury per il conferimento del titolo di Dottore di Ricerca a Emmanuel Pietriga, Institut National Polytechnique de Grenoble, Grenoble, Francia, 15 Novembre 2002.

## **Attività organizzative**

- 2019      Membro del Program Committee di IWRS 2019, DMS-VIVA 2019, VL/HCC 2019, VINCI 2019, ICGT 2019, EICS 2019, CHIItaly 2019, HCC 2019, FlexMDE 2019.
- 2018      Membro del Program Committee di EICS 2018, ICGT 2018, DMS-VIVA 2018, VL/HCC 2018, FlexMDE 2018, ICAIT 2018, VINCI 2018.
- 2017      Membro del Program Committee di VL/HCC 2017, ICGT 2017, DMS 2017, GaM 2017, EICS 2017, VINCI 2017, CYBCONF-2017 WS/SS.
- 2016      Membro del Program Committee di ICGT 2016, Diagram 2016, VL/HCC 2016, GaM 2016, VINCI 2016, FlexMDE 2016, DMS 2016, ICAIT 2016, HC 2016.
- 2015-      Rieletto nello Steering Committee dello IEEE Symposium on Visual Languages / Human Centric Computing,
- 2015      Program Co-Chair per VINCI 2015, General Chair di CHIItaly 2015, Membro del Program Committee di VL/HCC 2015, EICS 2015, ICGT 2015, Interact 2015, HC 2015, DMS 2015.
- 2014-2016 Chair dello Steering Committee di AVI.
- 2014-      Membro del Program Committee di Diagrams 2014, VL/HCC 2014, HCSE 2014, EICS 2014, ICGT 2014, XM 2014, NordiCHI 2014.
- 2014      Late-breaking results Chair per EICS 2014,
- 2014      Ricercatore ospitante del soggiorno del Professor Kamen Kanev, Shizuoka University, Hamamatsu, finanziamento Sapienza,
- 2013-2014 Chair dello Steering Committee dello IEEE Symposium on Visual Languages / Human Centric Computing,
- 2013      Program Co-chair di Workshop on Graphical Modelling Language Development 2013, Membro dell'Organising Committee di ETAPS 2013, Membro del Program Committee di Interact 2013, VL/HCC 2013, FutureTech 2013, Doctoral Consortium di CHIItaly 2013, IITM 2013, VLC 2013.
- 2012      Program Co-chair di Workshop on Graphical Modelling Language Development 2012, Membro del Program Committee di VL/HCC 2012, Diagrams 2012, FASE 2012, GT-VMT 2012, Didamatica 2012.
- 2011-2015 Membro dello Steering Committee dello IEEE Symposium on Visual Languages / Human Centric Computing.
- 2011      Membro del Program Committee di VL/HCC 2011, AGTIVE 2011, ISEUD 2011, ComDeisMoTo 2011, UIDL 2011, HC 2011,
- 2011-      Membro dell'Editorial Board del Journal of Human-centric Computing and Information Sciences.

- 2010 Program Co-chair di Workshop on Visual Formalisms for Patterns, Membro del Program Committee di Diagrams 2010, VL/HCC 2010, ICGT 2010, DNIS 2010, HIS 2010, HC 2010.
- 2009 Program Co-chair di Workshop on Visual Formalisms for Patterns, Membro del Program Committee of GT-VMT 2009, VL/HCC 2009, MDDAUI 2009, HIS 2009, VLL 2009, HC2009.
- 2009 Ricercatore ospitante del soggiorno del Professor Juan de Lara, Universidad Autonoma de Madrid, finanziamento Sapienza e della D.ssa Esther Guerra, finanziamento "Dipartimento di Informatica".
- 2008-2016 Membro dello Steering Committee della Working Conference on Advanced Visual Interfaces (AVI).
- 2008 Program Co-chair di AVI 2008, VL/HCC 2008. Membro del Program Committee di GT-VMT 2008.
- 2008 Ricercatore ospitante del soggiorno della D.ssa Esther Guerra, finanziamento "Dipartimento di Informatica".
- 2007- Membro dell'Editorial Board del Journal of Visual Languages and Computing,
- 2007-2008 Chair dello Steering Committee dello IEEE Symposium on Visual Languages / Human Centric Computing.
- 2007 Membro del Program Committee di VL/HCC 2007, Interact 2007, MDDAUI 2007, VLL2007, HC2007.
- 2006 Ricercatore ospitante del soggiorno del Professor Juan de Lara, Universidad Autonoma de Madrid, finanziamento "Dipartimento di Informatica".
- 2006 Membro del Program Committee di VL/HCC 2006, ICGT 2006, AVI 2006, Diagrams 2006.
- 2005 Membro del Program Committee di VL/HCC 2005.
- 2004-2008 Membro dello Steering Committee dello IEEE Symposium on Visual Languages / Human Centric Computing.
- 2004- Membro dello Steering Committee della International Conference on Graph Transformation.
- 2004 General CoChair per VL/HCC 2004 e Local Organiser per IGCT 2004.
- 2004 Membro del Program Committee di VLFM'04 e Diagrams 2004.
- 2003 Cochair dell'HCC Symposium on VLFM'03.
- 2003 Ricercatore ospitante del soggiorno del Dr. Bernd Meyer, Monash University, Melbourne, finanziamento "La Sapienza".
- 2003 Vice Chair per il topic Human Interfaces and Interaction a ITI2003, Membro dei Program Committee di HC2003.
- 2002 Cochair di Graph Transformation – Visual Modeling Techniques (GT-VMT'02).

- 2002      Membro dei Program Committee di MSE2002, International Conference on Graph Transformations (ICGT02), HC2002, Diagrams 2002.
- 2001      Membro del Program Committee dell'International Symposium on Visual Languages and Formal Methods (VLFM'01 nell'ambito di HCC'01).
- 2001      Ricercatore ospitante del soggiorno del Professor Victor Mitrană Università di Bucarest, finanziamento "DSI".
- 2000-     Responsabile di un assegno di ricerca sul tema "Gli agenti come componenti del calcolo interattivo" (rinnovato nel 2001).
- 2000      Membro del Program Committee di Multimedia Software Engineering (MSE2000).
- 2000      Ricercatore ospitante del soggiorno del Doctor Gheorghe Paun dell'Accademia di Romania, finanziamento "La Sapienza"
- 1999      Membro di Program Committee dell'IEEE Symposium on Visual Languages 1999 (VL'99), Technical Committee dell'International Conference on Image Analysis and Processing (ICIAP'99), Chair di Special Track su Design and Evaluation of Visual Interactive Systems a ICIAP'99 e Co-chair di Special Track su Theory of Visual Languages, a VL99.
- 1998      Membro di Program Committee e Organising Committee dell'ACM Annual Conference on APL (APL98), Program Committee del 1<sup>st</sup> International Workshop on Interaction Agents
- 1997      Ricercatore ospitante del soggiorno del Doctor Gheorghe Paun dell'Accademia di Romania, finanziamento GRIN.

Dal 1999 al 2007 responsabile per il Dipartimento di Informatica dell'Università "La Sapienza" di Roma della Commissione per i Rapporti con le Aziende. In questa veste, è stato organizzatore degli Incontri con le Aziende per gli studenti dei Corsi di Studio in Informatica, svolti dal Giugno 1999 con cadenza semestrale, degli Open Day, occasioni d'incontro fra ricercatori del Dipartimento e Aziende di Informatica dell'Area Romana e di due iniziative di incontro fra il corpo docente del Dipartimento di Informatica e rappresentanti delle aziende in relazione alla definizione dei curricula per le lauree triennale e specialistica in Informatica.

## **Seminari e presentazioni invitate**

- 2019 - Formal descriptions of annotations, policies, and patterns for flexible design, Pakistan, 6 Febbraio.
- 2019 - Ciclo di seminari su Graph Transformation: Theory and application to modeling, per studenti e docenti del Master in Computer Science, SukkurIBA University, Sukkur, Pakistan, 1 Febbraio-4 Febbraio.
- 2019 - Reaction systems for modeling interactions between agents and environment, Invited Talk a iCOMET 2019, Sukkur, Pakistan, 31 Gennaio.
- 2018 - Formal descriptions of annotations, policies, and patterns for flexible design, Invited Talk a iCOMET 2018, Sukkur, Pakistan, 4 Marzo.
- 2018 - Advances in Software Development: Interactive Systems, Invited talk a Global Bridge Workshop, Hamamatsu, 21 Febbraio
- 2015 - Building personalized experiences on cultural heritage using linked data and annotations, Invited talk a BASE 2015, Aizu-Wakamatsu, 7 Dicembre
- 2015 - Model Based Development of User Interfaces, Università di Milano – Bicocca, 20 Novembre
- 2015 - Imaging Devices and Digital Imaging of Semantic Surfaces in Active Knowledge Management, Shizuoka University, Hamamatsu, 18 Febbraio
- 2015 - Ontology-based relevance measures for user-group matching in an annotation system, Shizuoka University, Hamamatsu, 16 Febbraio
- 2015 - SWOWS: A visual environment for interactive design and execution of dataflows, Shizuoka University, Hamamatsu, 9 Febbraio
- 2015 - Model Based Development of User Interface for Effective Human Computer Communication, Shizuoka University, Hamamatsu, 2 Febbraio
- 2015 - A suite of metamodels for visual communication, Shizuoka University, Hamamatsu, 25 Gennaio
- 2015 - A rule-based language for programming with resources, Shizuoka University, Hamamatsu, 21 Gennaio
- 2015 - Visual communication: syntax and semantics, Shizuoka University, Hamamatsu, 19 Gennaio
- 2015 - Multimedia Annotation of Digital Content Over the Web, Shizuoka University, Hamamatsu, 19 Gennaio
- 2015 - A resource-based point of view on the design of interactive systems, , Shizuoka University, Hamamatsu, 14 Gennaio
- 2014 - Document and model annotation: a formal view and a system for Web annotation, University of Bamberg, 13 Novembre

- 2014 - Resource-based perspective on visual communication and interaction, Keynote Speech a IEEE Symposium on Visual Languages / Human Centric Computing 2014, Melbourne, 1 Agosto
- 2013 - A Model for Interaction through Augmented Surfaces, Shizuoka University, Hamamatsu, 15 Novembre
- 2013 - Document and model annotation: a formal view and a system for Web annotation, Institute of Software, Chinese Academy of Science, Pechino, 19 Aprile
- 2013 - On some fundamental problems in visual communication, University of Tianjin, 15 Aprile
- 2012 - Towards a formal notion of interaction pattern, Università di Bari, 16 Novembre
- 2011 - Workflow and Petri Nets: Firing, Transformations and Patterns, Universidad Autonoma de Madrid, 19 Maggio (lezione a Corso di Dottorato su Petri Nets)
- 2010 - Augmenting the interaction support with Virtual Sensors and Document Annotation, Università di Milano Bicocca, 7 Ottobre
- 2010 - Towards a formal notion of interaction pattern, Technische Universitaet Berlin, 24 Giugno
- 2010 - Augmenting the interaction support with Virtual Sensors and Document Annotation: The PCL experience, University of Hamamatsu, 12 Febbraio
- 2009 - Workflow and Petri Nets: Issues and Patterns, Universidad Autonoma de Madrid, 21 Giugno (lezione a Corso di Dottorato su Petri Nets )
- 2008 - Workflow and Petri Nets: Issues and Patterns, Universidad Autonoma de Madrid, 20 Giugno (lezione a Corso di Dottorato su Petri Nets)
- 2008 - Resources as Synchronizers, Rules as Resources for Modeling Distributed Workflows, Universidad Autonoma de Madrid, 19 Giugno
- 2008 - Resources as Synchronizers, Rules as Resources for Adaptive Workflow in MANETs, Technische Universität Berlin, 15 Maggio
- 2008 - Pattern e Metamodelli per la Definizione di Sintassi e Semantiche di Linguaggi Diagrammatici, Università degli Studi di Milano, 22 Febbraio
- 2007 - Ciclo di seminari "Metamodels and Patterns for Defining Syntax and Semantics of Diagrammatic Languages", University of Aizu, Ottobre-Dicembre
- 2007 - A Metamodel Approach to the Definition of Syntax and Semantics of Diagrammatic Languages, Universidad Autonoma de Madrid, 8 Febbraio
- 2005 - Formalisms for Model Transformations, IASI-CNR, MoMo Workshop, Roma 17 Ottobre.
- 2005 - Visual Rewriting of Models, MoMo Workshop, Bologna, 6 Ottobre
- 2005 - Introduzione al Workshop "Model transformation: application and theoretical issues", Università di Roma, 13 Luglio.

- 2003 - Configurations and transitions in Visual Languages, Technische Universität, Berlin, 24 Luglio
- 2002 - Metalevel definition of families of visual languages, Aizu University, 5 Settembre
- 2002 - Metalevel definition of families of visual languages, JAIST, Kanazawa, 26 Agosto
- 2002 - Metalevel definition of families of visual languages, Shimane University, Matsue, 6 Agosto
- 2002 - An environment for automatic generation of visual interfaces, Aizu University, 24 Luglio
- 2002- Working on OCL with Graph Transformations, Monash University, 25 Gennaio
- 1999 - An interface for categorisation of measurable features. Towards a general framework for active regions as tools for feature categorisation, ETL Tsukuba, 10 Settembre
- 1999 - Frames, Dynamics and Design of Visual Languages, ETL Tsukuba, 27 Luglio
- 1999 - Modelli di linguaggi e di riscrittura - Università di Bari, 24 Giugno
- 1999 - Modelli di controllo del dialogo e loro specifica, Università di Brescia, 16 Maggio
- 1997 - Metodi di Pattern Recognition - Corso AIFB SIRR su *Metodi per lo sviluppo di modelli e simulazioni in campo biomedico e biofisico*. - Como, 23 Giugno
- 1997 Specifica Visuale di Programmi Visuali - Università di Lecce, 7 Febbraio
- 1997 Sistemi di Riscrittura per la Specifica Finita di Linguaggi Visuali -Università di Bari - 5 Febbraio
- 1997 La Struttura Algebrica dei Linguaggi Visuali - Università di Palermo, 23 Gennaio
- 1996- Formal Specification of Visual Languages in Human-Computer Interaction - Electro-Technical Laboratory, Tsukuba, 14 Dicembre
- 1996 Coordinamento di Oggetti in Ambienti Interattivi - Università di Lecce, 12 Aprile
- 1995 Coordinating Objects in Interactive Environments - University of Tokyo, 1 Giugno
- 1994 Visual Simulation of Biological Phenomena - Rank Xerox Grenoble Research Centre, 26 Settembre
- 1994 A model for simulations based on autonomous mobile agents - Université de Grenoble, Laboratoire TIMC-IMAG, 18 Aprile.
- 1993 An approach to the design of user usable systems - Rank Xerox Grenoble Research Centre, 18 Ottobre.
- 1993 Un modello di computazione a sciame - Università degli Studi di Milano - Dip. Scienze dell'informazione, 8 Ottobre.
- 1993 Un modello di computazione a sciame - Università La Sapienza di Roma - Dip. Scienze dell'informazione, 17 Marzo.

## **Partecipazione a progetti di ricerca**

- 2019-2020 Titolare del Collaborative Research Project “Systematic development and integration of interactive systems and biometric devices”, presso Shizuoka University a Hamamatsu
- 2018-2019 Titolare del Collaborative Research Project “A framework for the development of interactive systems with integrated biometrics”, presso Shizuoka University a Hamamatsu
- 2016-2017 Titolare del Collaborative Research Project “A framework for the development of interactive systems with integrated biometrics”, presso Shizuoka University a Hamamatsu
- 2015-2017 Membro dell’Unità CINI nel progetto europeo SUNFISH, co-responsabile del task sul progetto dell’architettura
- 2014-2016 Membro dell’Unità CINI nel progetto europeo GAINS
- 2013-2016 Titolare di un progetto su “Model-based Integration of Interaction Techniques”, finanziato dal Ministero degli Affari Esteri, per cooperazione con ricercatori della Shizuoka University a Hamamatsu.
- 2013-2015 Titolare del Collaborative Research Project “Imaging Devices and Digital Imaging of Semantic Surfaces in Active Knowledge Management”, presso Shizuoka University a Hamamatsu.
- 2012-2014 Invited expert nel gruppo Model Based User Interfaces del W3C.
- 2012-2013 Membro dell’unità DI-Sapienza per la preparazione della gara per la ristrutturazione del Sistema Informatico del CSM.
- 2010-2012 Membro del Cooperative Research Project “Digital Imaging for Active Knowledge Semantic Surfaces” della Shizuoka University a Hamamatsu.
- 2010- Responsabile dell’unità DI-Sapienza per i progetti IN-TOUCH e CartaShop.
- 2010- Promotore dello Spin Off Interuniversitario “Sviluppo Cultura”.
- 2005- Partecipante all'ERCIM Working Group on Software Evolution
- 2009-2012 Membro dell'unità PCL di Roma nel Progetto VISEL, FIRB 2007.
- 2007-2009 Responsabile dell'unità di consulenti di Roma nel Progetto CHAT, MIUR 297/99.
- 2007-2009 Responsabile del Progetto di Ateneo "Sistemi interattivi per la fruizione e la produzione di eventi culturali"
- 2007-2010 Membro dell'Unità di Roma nel PRIN "Ambienti intelligenti: interpretazione di eventi, riconfigurabilità sensoriale e interfacce multimodali"
- 2005-2006 Responsabile del Progetto di Ateneo "Interazione Museale Multimediale"
- 2005-2009 Partecipante all'INTEROP Task Group on Model Morphisms
- 2004 Responsabile del Progetto di Facoltà "Annotazione di materiale multimediale basato su ontologie in ambito di e-learning"

- 2004 Membro dell'Unità Operativa del Dipartimento nello European Network of Excellence INTEROP
- 2004 Responsabile scientifico per l'Unità Uniroma1 del Progetto WIL, MIUR 297/99.
- 2002-2006 Membro dell'Unità Operativa del Dipartimento nello European Network SeGraVis, responsabile scientifico dal 2004.
- 2000-2001 Membro dell'Unità Operativa del Dipartimento nel PRIN "SPECIFICA, PROGETTO E SVILUPPO DI SISTEMI INTERATTIVI VISUALI".
- 1997-2000 Membro dell'Unità operativa del Dipartimento nel Progetto Finalizzato Beni Culturali.
- 1996-7 Membro dell'Unità operativa UNIRM1 del Progetto Coordinato "(CO)<sup>2</sup> DESIGN - Metodologie e Strumenti per Interazione COoperativa in CONcurrent Engineering".
- 1993-4 Membro dell'Unità operativa UNI/DM/RM1 del Progetto Finalizzato Sistemi Informatici e Calcolo Parallelo. Titolo della ricerca: "Un sistema multilivello per l'elaborazione di immagini".
- 1992-4 Membro dell'Unità operativa 3.4.2 del Dipartimento di Fisica dell'Università di Milano del Progetto CNR-ENEL, Interazione dei Sistemi Energetici con la Salute dell'Uomo e dell'Ambiente. Titolo della ricerca: "Interfaccia iconica per la gestione di cartografia numerica basata su forme caratteristiche".
- 1992-4 Membro dell'Unità operativa del Dipartimento di Fisica dell'Università di Milano del Progetto Finalizzato Robotica, sottoprogetto: 2. Governo dei Robot. Titolo della ricerca: "Sistema per la programmazione di robot di manipolazione".

### **Scuole e Workshop a partecipazione limitata**

- 1998 School on Computational Aspects and Applications of Hybrid Systems, Grenoble, 19-21 Ottobre, 1998
- 1998 European School on Graph Transformation, Brema, 2-7 Marzo 1998.
- 1991 XII Scuola Nazionale del Gruppo di Cibernetica e Biofisica: Metodi matematici nell'analisi di immagini, Genova, 7-11 Ottobre.
- 1991 Workshop on Consciousness, Venezia, 24-29 Giugno.
- 1991 NATO Advanced Research Workshop on Theoretical Immunology, Parigi, 27 Settembre - 1 Ottobre.
- 1989 Giornata di studio su Linguaggi e sistemi orientati agli oggetti, Pisa, 25-26 Ottobre
- 1988 VI Scuola Nazionale di Cibernetica e Biofisica: La visione delle macchine, Pavia, 15-19 Settembre.
- 1988 Scuola APL Techniques in Expert Systems, Syracuse, NY, 16-20 Agosto.

## Affiliazioni, collaborazioni, cura editoriale e attività di revisione

Ex-membro di ACM e IEEE Computer Society. Membro dell'Editorial Board di: *Journal of Visual Languages and Computing (ora Journal of Computer Languages)*, *Human-centric Computing and Information Science*, *Journal of Visual Languages and Sentient Systems*.

Coautori: Ha pubblicato con oltre 150 coautori, italiani e stranieri di cui si riportano quelli strutturati in Università ed Enti Pubblici di Ricerca italiani e stranieri.

*C.Ardito* - Università di Bari, *A.Bianchi* - Università di Bari, *N.Bianchi-Berthouze* - University College London, *H.Bordihn* - Universitat Potsdam, *U.M.Borghoff* - Universität der Bundeswehr, Monaco, *S.-K.Chang* - University of Pittsburgh, *T.Castrignanò* - Cineca, *L.Cinque* - "Sapienza" Università di Roma, *M.F.Costabile* - Università di Bari, *G.Costagliola* - Università di Salerno, *G.Cordasco* - Università di Salerno, *U.Cugini* - Politecnico di Milano, *R.De Chiara* - Università di Salerno, *A.Della Ventura* - CNR Milano, *M.De Marsico* - "Sapienza" Università di Roma, *N.Dioguardi* - Università Statale di Milano, *F.Ferri* - CNR, Roma, *A.Fish* - University of Brighton, *D.Fogli* - Università di Brescia, *C.Garbay* - CNRS, Grenoble, *D.Gorla* - "Sapienza" Università di Roma, *R.Gramatovici* - University of Bucharest, *E.Guerra* - Universidad Autonoma de Madrid, *P.Grifoni* - CNR Roma, *D. Janssens* - University of Antwerp, *M.Koch* - Freie Universität, Berlino, *A.Heußner*, Otto-Friedrich Universität, Bamberg, *K.Hoffmann* - Technische Universität, Berlino, *K.Kanev* - Shizuoka University, *S.Kasangian* - Università Statale di Milano, *A.Labella* - Sapienza Università di Roma, *J.de Lara* - Universidad Autonoma de Madrid, *S.Levialdi* - "Sapienza" Università di Roma, *L.Lombardi* - Università di Pavia, *A. Malizia* - Universidad Carlos III, Madrid, *V.Manca* - Università di Pisa, *L.V.Mancini* - "Sapienza" Università di Roma, *F.Mandorli* - Università Politecnica delle Marche, *L.Mari* - Università Carlo Cattaneo - LIUC, *K.Marriott* - Monash University, Melbourne, *C.Martin-Vide* - Rovira i Virgili University, Tarragona, *M.Matera* - Politecnico di Milano, *G.Mauri* - Università di Milano Bicocca, *M.Mecella* - "Sapienza" Università di Roma, *B.Meyer* - Monash University, Melbourne, *M.Minas* - Universität der Bundeswehr, Monaco, *F.Minea* - University of Bucharest, *N.Mirenkov* - University of Aizu, *V.Mitrana* - University of Bucharest, *P.Mussio* - Università Statale di Milano, *R.Navigli* - Sapienza Università di Roma, *E.Panizzi* - Sapienza Università di Roma, *R.Pareschi* - Università del Molise, *F.Parisi Presicce* - "Sapienza" Università di Roma, *F.Paternò* - CNR, Pisa, *G.Paun* - Romanian Academy of Sciences, *I.Petre* - Abo Akademi University, *A.Piccinno* - Università di Bari, *M.Pietrogrande* - Università Statale di Milano, *M.B.Rosson* - Penn State University, *G.Rozenberg* - Leiden University, *S.Ryu* - Virginia Commonwealth University, *E.Sanginetto* - Università di Trento, *G.Santucci* - Sapienza Università di Roma, *V.Scarano* - Università di Salerno, *R.Schettini* - Università di Milano Bicocca, *A.Schiurr* - University of Darmstadt, *J.M.Sempere* - Universidad Tecnica de Valencia,

*M.Simeoni* - Università Cà Foscari, Venezia, *G.Taentzer* - Philipps-Universität Marburg, *A.Talamo* - "Sapienza" Università di Roma, *R.Yoshioka* - University of Aizu, *A. Vazhenin* – University of Aizu, *Y. Watanobe* – University of Aizu.

Guest editor per i numeri speciali di *Software and System Modeling* su “Visual Modelling Techniques” e di *Journal of Visual Languages and Computing* su “Best papers from VL/HCC 2008” e “Best papers from VFfP”; curatore dei Proceedings di VL/HCC 2004, AVI2008, VL/HCC 2008, CHIItaly 2015, VINCI 2015.

Ha svolto attività di revisore per *ACM Multimedia Systems*, *ACM TOPLAS*, *Computer Languages*, *Encyclopaedia of Computer Science and Engineering*, *Fundamenta Informaticae*, *IEEE Access*, *IEEE Transactions on PAMI*, *IEEE Transactions on SMC*, *Informatics*, *Information and Software Technology*, *Information Processing Letters*, *International Journal of Human-Computer Studies*, *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, *Journal of Approximate Reasoning*, *Journal of Logical and Algebraic Methods in Programming*, *Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, *Journal of Systems and Software*, *Journal of Visual Languages and Computing*, *Multimedia Tools and Applications*, *Pattern Recognition*, *Pattern Recognition Letters*, *Software and System Modelling*, *Systems and Structures*, *Theoretical Computer Science*, *Theory and Practice of Object Systems* e svariate conferenze.

Ha svolto attività di revisione per domande di promozione e di valutazione di progetti per University of New Mexico, Monash University in Melbourne, University of Antwerp, Foundation for Scientific Research Belgium e per diverse università italiane.

Ha svolto attività di revisione per il Ministero dell'Università e della Ricerca (PRIN e CIVR). È nell'albo dei valutatori del CNRS francese.

## Descrizione dell'attività di ricerca

L'attività di ricerca ha preso le mosse dall'analisi di immagini e dati riguardanti sistemi fisici e biologici, argomenti affrontati nelle tesi di laurea e di dottorato, per orientarsi verso la progettazione di interazione efficiente con gli strumenti per l'analisi e la simulazione, lo studio dei fondamenti della comunicazione visiva e multimediale, e la proposta di quadri teorici e framework implementativi, in particolare basati su approcci di metamodello, entro cui progettare ambienti di generazione di sistemi interattivi e più in generale ambienti di gestione di processi e di sistemi informativi.

Il filo conduttore dell'attività di ricerca è stato lo studio delle caratteristiche dei linguaggi visivi, sia definiti da processi computazionali, sia come strumento di specifica di insiemi di dati o di trasformazioni. Particolare attenzione è stata rivolta al caso in cui le computazioni sono realizzate in forma interattiva (sia nel senso dell'interazione persona-calcolatore, sia nel senso dell'interazione fra agenti computazionali). In questi ambiti, la ricerca si è centrata sull'esplorazione delle potenzialità dei sistemi di riscrittura come strumento per la specifica di computazioni visive, e precisamente di linguaggi visivi, delle loro trasformazioni, in particolare attraverso approcci di metamodello, e dei sistemi interattivi per specificare, eseguire e osservare tali trasformazioni.

Si possono quindi identificare quattro filoni principali in cui si è svolta la ricerca e si sono ottenuti risultati: 1) l'indagine della struttura algebrica dei linguaggi multidimensionali; 2) l'indagine sull'uso di linguaggi diagrammatici nella specifica e progettazione di sistemi di calcolo interattivi; 3) l'estensione dei risultati dall'ambito visivo a quello multimediale; 4) l'analisi dei meccanismi di controllo della riscrittura, con particolare riferimento a quelli sviluppati nei casi precedenti, nel quadro dei linguaggi formali.

### A. Operazioni su parole multidimensionali

La definizione rigorosa delle computazioni visive è basata sullo studio della struttura algebrica delle immagini digitali, e quindi dei linguaggi pittorici, attraverso la proposta di due nuove operazioni su immagini, dette di spostamento (*shift*) e sovrapposizione (*sup*), e l'utilizzo di un simbolo particolare, *trasparente*, che modella l'assenza di vincoli sul valore che una particolare posizione del piano (discreto) può assumere. L'interesse di questa proposta è duplice. Da un lato essa generalizza proposte note in letteratura, basate sull'estensione della tradizionale operazione di concatenazione dal caso lineare al caso bi-dimensionale, per esempio proponendone versioni orizzontali e verticali. La nuova coppia di operazioni permette in forma sintetica l'espressione delle operazioni già note, mentre la concatenazione lineare diventa un caso particolare di composizione delle due operazioni proposte. Si è mostrato inoltre che un modello computazionale costruito a partire da queste è in grado di simulare l'attività di sistemi di riscrittura dotati di capacità di computazione universale [A1]. D'altro

lato, si è mostrato come le due nuove operazioni possano essere estese in modo naturale, evidenziando una struttura algebrica comune, a qualsiasi dimensione. Si sono poi studiate le possibili versioni bidimensionali di altre operazioni tipiche del caso lineare, mettendo in luce le differenze indotte dall'assenza di un ordinamento naturale nel caso del piano bidimensionale [A2,A3]. In particolare si sono accumulate evidenze a supporto della congettura, da noi proposta, che non esista nessuna operazione (funzione totale che proietti una coppia di parole bidimensionali in una parola bidimensionale) associativa e dotata di elemento neutro che possa generare l'insieme di tutte le immagini a valori in un alfabeto a partire da un insieme finito di immagini in corrispondenza biunivoca con gli elementi dell'alfabeto [A4]. Il problema di determinare le proprietà della struttura algebrica risultante dalle due operazioni proposte resta peraltro aperto. Un approccio alternativo è stato poi perseguito, in collaborazione con Anna Labella, associando posizioni e direzioni di ingresso e uscita per ogni immagine, definendo così immagini puntuate, e introducendo un'operazione di incollamento che prevede la sovrapposizione fra due immagini in modo che la posizione di ingresso della seconda coincida con la direzione di uscita della prima, e la rotazione della seconda immagine in modo da allineare la sua direzione di uscita con quella di ingresso della prima. Sfruttando la struttura di gruppo delle rotazioni, si è individuata una struttura categoriale che vede le immagini come morfismi fra direzioni e l'incollamento come composizione di morfismi [A5]. L'aspetto interessante di questa struttura è che essa si presenta sostanzialmente invariata in qualsiasi dimensione, a differenza di quella indotta dall'uso di estensioni dirette della concatenazione al caso bidimensionale. Una variazione su questa struttura ha messo in luce particolari fenomeni che avvengono nel caso di costruzione interattiva di immagini, in cui cioè diversi agenti, possono contribuire in modo particolare alla definizione del risultato finale, investigandone la logica sottostante [A6]. L'indagine delle proprietà logiche delle strutture algebriche così identificate ha poi trovato uno sviluppo inaspettato, portando a mettere in luce come gli aspetti di non-determinismo inerenti a queste forme di interazione siano riconducibili a logiche intuizionistiche in cui si possano naturalmente introdurre operatori temporali/modali [A7].

## **B. Linguaggi diagrammatici**

A partire dal quadro algebrico risultante dalla proposta delle due operazioni e del simbolo trasparente, si è data una nozione di linguaggio visivo basata sulla specifica di morfismi fra immagini e descrizioni e si sono caratterizzati i meccanismi per definire linguaggi visivi e studiarne le proprietà, in particolare rispetto all'utilizzo nel calcolo interattivo [B1].

### Sentenze visive

Gli elementi costitutivi dei linguaggi usati nella comunicazione visiva, in cui le immagini presentate ai comunicanti vengono da essi associate a significati specifici, sono stati caratterizzati in base alle proprietà di due morfismi, di interpretazione (*int*, da immagini a

descrizioni) e di materializzazione (*mat*, da descrizioni a immagini). Il quadro fornito dalla risultante teoria delle *sentenze visive* è stato quindi utilizzato per analizzare fenomeni tipici dell'interazione, in particolare cause di confusione per gli utenti, proponendo linee guida che permettano di evitarli, derivate da richieste sulle proprietà dei morfismi [B2,B3]. Si è anche visto come la coppia *int* e *mat* sia essa stessa sottoposta a evoluzione nel tempo, e in particolare come l'interazione porti alla costruzione di due coppie *int* e *mat*, una residente nel sistema di elaborazione, e una generata dall'utente e che ne viene a costituire il modello mentale [B4]. Lo studio delle relazioni fra questi modelli porta alla proposta di linee guida e metriche di usabilità. Un sunto complessivo della teoria è presentato in [B5].

### Sistemi di riscrittura visivi

Questa ricerca si è intrecciata con un filone originato da esigenze di progettazione e sviluppo di sistemi interattivi nel campo dell'interpretazione di immagini e della simulazione, che ha portato alla formulazione di un modello di calcolo interattivo, basato sulla trasformazione di risorse e su nozioni di località della comunicazione. I *sistemi di riscrittura condizionali attribuiti* sono stati individuati come modello uniforme per la specifica sia di linguaggi, lineari o visivi, sia di comportamenti di sistemi e delle loro forme di coordinamento.

Nell'ambito del riconoscimento di forme, sono stati proposti i Sistemi di Lindenmayer Condizionali Attribuiti con Interazione, caratterizzati da un unico alfabeto, da una relazione di riscrittura simultanea e dall'uso di condizioni semantiche sull'applicabilità di una regola [B6]. Sono stati quindi studiati meccanismi di controllo nell'applicazione delle regole, che riducano il costo dell'attività di riscrittura [B7].

Per definire questi meccanismi si è generalizzato il concetto di riscrittura condizionale, attraverso la definizione di una famiglia di sistemi di riscrittura, i CARW (Sistemi di Riscrittura Condizionali Attribuiti), specializzati in base alla relazione di riscrittura. Particolari forme di CARW sono state utilizzate per la specifica della sequenza di azioni da realizzare nel corso di un'attività computazionale e la specializzazione di tali azioni allo stato del processo in corso, con applicazioni al caso dell'interpretazione di immagini [B8,B9,B10].

Altre forme di CARW, adatte alle esigenze di utilizzo di notazioni visive, sono state introdotte per mettere in relazione la definizione formale di linguaggi visivi con la specifica dei sistemi interattivi per la loro creazione e gestione. In particolare è stata proposta una procedura per la generazione automatica di sistemi interattivi a partire dalla specifica mediante CARW di un linguaggio visivo [B11,B12]. Diverse estensioni di questi sistemi, in particolare basate su meccanismi di coordinamento della riscrittura, permettono di esprimere l'evoluzione coordinata delle componenti (immagine e descrizione) di una frase visiva nel corso di una computazione interattiva [B13].

### Trasformazioni visive basate su risorse

La necessità di modellare le caratteristiche delle trasformazioni visive - e di fornire un modello computazionale uniforme per la generazione di sistemi interattivi - ha portato a identificare un frammento della logica lineare, estensione del frammento LO, necessario e sufficiente a modellare alcune attività tipiche della computazione visiva, e precisamente il parsing di sentenze visive, forme di ragionamento visivo e trasformazioni dinamiche di sentenze visive con effetti locali [B14,B15,B16]. Si è anche mostrato come questo frammento, in una versione che ammetta, anziché solo atomi, termini con variabili che possono assumere valori su domini infiniti, sia dotato di capacità riflessive [B17].

La trasposizione dal frammento astratto al modello concreto della riscrittura su multi-insiemi ha mostrato come i CARW ne siano un'istanza e ha suggerito lo sviluppo di un linguaggio e di un modello computazionale in cui esprimere in modo uniforme sia l'evoluzione di una sentenza visiva sotto l'effetto di un CARW, sia l'evoluzione del sistema di controllo di un ambiente per l'esecuzione interattiva di CARW. Il modello risultante, denominato WIPPOG dall'acronimo dei descrittori di una trasformazione, adotta una prospettiva basata sulle risorse identificando, per ogni possibile trasformazione, quelle prodotte e consumate nella transizione, ma anche distinguendo fra le risorse presenti all'interno del sistema e quelle ottenute dall'ambiente (incluse quelle prodotte da un utente che interagisca con il sistema) o rese disponibili verso l'ambiente. Le risorse prodotte verso l'ambiente possono poi essere utilizzate da altri sistemi che siano in grado di manipolarle. Si è mostrato come un sistema interattivo possa quindi essere realizzato coordinando l'attività di diverse macchine WIPPOG che gestiscano l'interazione con l'utente e lo stato della sentenza visiva, i cui cambiamenti possono essere effetto dell'attività dell'utente o dell'evoluzione dinamica della propria configurazione [B18]. La prospettiva basata sulle risorse è stata anche utilizzata per modellare diversi fenomeni nell'ambito dell'interazione, in particolare proponendo una caratterizzazione degli errori che possono accadere in un processo interattivo in relazione all'errata percezione o descrizione delle risorse disponibili o non disponibili per eseguire un certo compito [B19]. Da qui emerge anche la necessità di dotare i sistemi interattivi di capacità riflessive per identificare le risorse necessarie al proseguimento dell'interazione [B20]. Un'esposizione di questa linea di ricerca è stata oggetto di un Invited Talk nell'edizione 2014 dello IEEE Symposium on Visual Languages / Human Centric Computing.

### Progetto di sistemi interattivi

I sistemi interattivi realizzati per fornire verifiche sperimentali delle proposte teoriche sono stati sviluppati proponendo un'architettura a oggetti, successivamente evoluta verso un modello basato su componenti, che prevede una distinzione fra esecutori (responsabili del calcolo), osservatori (responsabili dell'organizzazione della rappresentazione verso l'utente e dell'interpretazione degli eventi prodotti dall'utente) ed elementi di presentazione (responsabili

della resa fisica delle presentazioni generate). Tale architettura presenta la caratteristica di permettere la modifica di un sistema interattivo anche all'interno della stessa sessione [B21]. La necessità di gestire all'interno di ambienti costruiti con tale architettura sia gli aspetti sintattici di costruzione delle sentenze visive, sia la semantica da esse espressa in termini di evoluzione di un sistema, ha portato a identificare diverse famiglie di linguaggi visivi per mezzo di cascate di metamodelli [B22]. Le famiglie sono distinte in base alle relazioni spaziali utilizzate per esprimere relazioni semantiche, dai diversi ruoli che gli elementi di una sentenza visiva assumono nel contesto della modellazione di elementi di un dominio applicativo, e dalle loro leggi di trasformazione [B23]. Questo studio ha diverse applicazioni: da un lato esso permette di valutare l'adeguatezza di una rappresentazione in relazione alle caratteristiche del dominio rappresentato, a sua volta esprimibile mediante un metamodello, dall'altro permette di costruire sistemi interattivi visivi, realizzando una serie di strati di servizio, ognuno connesso alle caratteristiche di una famiglia di linguaggi visivi, che possono quindi essere progressivamente specializzati fino ad arrivare alle caratteristiche di un linguaggio concreto [B24]. La modellazione degli aspetti concreti della sintassi può poi avvenire attraverso CARW vincolati a soddisfare le relazioni ammesse dal metamodello fra i ruoli che gli elementi dell'alfabeto possono assumere. La semantica dei linguaggi, nella misura in cui può essere espressa in termini di transizioni fra configurazioni, può essere modellata attraverso il linguaggio WIPPOG, e le stesse possibilità di interazione con gli elementi della sentenza visiva possono venire vincolate dal metamodello [B25]. Questo problema è stato anche affrontato sfruttando Event Graph Grammars, per arrivare a forme dichiarative di specifica di ambienti interattivi. Un primo risultato è stato ottenuto in relazione all'editing di sentenze visive, in base a una definizione di metamodello delle interazioni ammissibili [B26].

#### Applicazioni della riscrittura di grafi

Accanto a modelli basati su riscrittura di multi-insiemi si è lavorato anche nel più tradizionale (per questo ambito di problemi) campo della riscrittura di grafi, con particolare attenzione alle applicazioni all'ingegneria del software. A questo fine si è individuato nell'utilizzo di sistemi di riscrittura di grafi in cui l'applicazione delle regole è guidata da espressioni di controllo un modello adeguato per l'espressione di una semantica formale per OCL [B27] - il linguaggio per l'espressione di vincoli di UML - per il quale è stata anche proposta una visualizzazione che ne permetta l'integrazione nei diagrammi UML abituali, alcuni anni prima della integrazione di OCL nel metamodello di UML [B28]. Lo stesso meccanismo di controllo, questa volta applicato a grafi distribuiti, è stato utilizzato per affrontare il problema dell'evoluzione concorrente di codice e modello UML in caso di refactoring [B29]. L'uso di grafi distribuiti permette di gestire in modo coordinato le trasformazioni presenti nelle diverse componenti del modello UML, nonché le trasformazioni su un modello del codice rappresentato dalla sua sintassi astratta [B30,B31].

I problemi connessi alla terminazione delle procedure di trasformazione sono stati affrontati con uno studio teorico che ha portato alla formulazione di un criterio astratto di terminazione, che estende al caso dei sistemi di riscrittura ad alto livello i classici criteri di terminazione per multi-insiemi [B32]. Si è poi studiato il problema della terminazione per una speciale estensione di tali sistemi, prodotta attraverso l'uso di inibitori della riscrittura [B33], ed è stato proposto un criterio sufficiente per la terminazione di trasformazioni di grafi con condizioni di applicazione negative (la terminazione non è infatti decidibile nella forma generale) [B34].

Le potenzialità modellistiche dei sistemi di riscrittura ad alto livello sono state sfruttate anche per definire sistemi adattivi di gestione del flusso di lavoro in ambito di sistemi mobili. In particolare, sono state modellate situazioni in cui l'attività di un gruppo di lavoro connesso mediante una rete mobile, deve riconfigurarsi per incorporare compiti legati al mantenimento della connettività di rete [B35].

### Pattern generativi

Una proficua linea di ricerca è stata intrapresa in collaborazione con Juan de Lara e Esther Guerra, fondendo gli approcci di metamodello sviluppati indipendentemente, e identificando una nozione di pattern generativo vincolante, definito come un oggetto in una categoria debolmente adesiva. Applicando un pattern a una regola di trasformazione ad alto livello, definita secondo l'approccio del Double Pushout nella stessa categoria, si produce una nuova versione della regola che garantisce la soddisfazione del pattern nella struttura risultante dalla sua applicazione. In particolare, mediante questo approccio sono stati rivisitati i risultati ottenuti in [B25] in termini di riscrittura di multi-insiemi, per quanto riguarda la definizione di sintassi astratte [B36] e di semantiche operazionali [B37] per linguaggi visivi, a partire dalla specifica della loro sintassi concreta. In [B38] queste applicazioni sono state viste come casi particolari del concetto generale di pattern generativo, la cui definizione è data in termini puramente categoriali, permettendone quindi l'adattamento a diversi contesti. Questa linea di ricerca ha poi portato alla formalizzazione di una nozione generale di pattern, astratta dallo specifico linguaggio di espressione, includendo pure la possibilità di mettere in relazione pattern associati a linguaggi diversi, ma che includono gli stessi oggetti [B39]. In [B40] si è mostrato come la formalizzazione proposta, basata sulla messa in relazione, tramite grafi tripli, di metamodelli di dominio con metamodelli per la definizione dei ruoli degli elementi di dominio nel pattern, possa essere utilizzata per formalizzare nozioni di pattern che si sono sviluppate indipendentemente in domini diversi, e si è esteso il linguaggio di definizione dei pattern a includere vincoli, espressi come morfismi tra grafi. Tale formalizzazione è stata poi estesa in [B41] per portare alla definizione di una categoria di pattern, basata sulla definizione di una struttura ad albero indotta dai morfismi fra i grafi residenti ai nodi dell'albero, in cui ogni sottoalbero indica le possibilità di variazione nella realizzazione del pattern. In questa categoria si possono quindi studiare relazioni fra pattern diversi e introdurre nozioni di riscrittura basata su pattern. Si sono anche proposte applicazioni specifiche a pattern di

interazione e alla composizione di pattern di interazione con i tradizionali pattern orientati agli oggetti [B42,B43].

### Sistemi di vincoli e annotazioni

Una nuova linea di ricerca è stata aperta concernente l'espressione di vincoli mediante annotazioni su elementi diagrammatici e morfismi fra grafi. In particolare, in collaborazione con Andrew Fish, si sono considerati gli Spider Diagram, un formalismo diagrammatico per l'espressione di proposizioni su insiemi, e se ne è proposta l'estensione in due direzioni: da un lato annotando gli elementi di un diagramma con specifiche di intervalli è possibile esprimere vincoli temporali sulla validità delle proposizioni [B44]; dall'altro lato un'interpretazione, per una forma semplificata di Spider Diagram, per cui le proposizioni riguardano la permanenza in uno stato di istanze di un tipo di elementi, avvicina questo linguaggio alla modellazione orientata agli oggetti [B45]. Le due estensioni sono state combinate in [B46] per permettere l'espressione di politiche basate su vincoli temporali. Gli Spider Diagram sono stati anche il banco di prova per tecniche di derivazione di sistemi di riscrittura da sistemi di vincoli, espressi come morfismi fra grafi che rappresentano le relazioni fra gli elementi di questi diagrammi [B47,B48]. Questa seconda linea di lavoro ha coinvolto anche Francesco Parisi Presicce, col quale è poi stato ripreso il concetto di annotazione, nell'ambito della riscrittura di grafi, per esprimere vincoli flessibili di varia natura sulle configurazioni di elementi di un dominio. Per esempio, dato un modello di un dominio organizzativo, si possono annotare i suoi elementi con livelli di accesso e definire vincoli di sicurezza sulle relazioni fra gli elementi del dominio. Analogamente, si possono esprimere vincoli temporali, o geografici sull'accesso alle risorse. Si è quindi proposta una tecnica per raffinare, mediante condizioni di applicazione derivate da questi vincoli, regole di trasformazione che esprimono le possibili evoluzioni di una configurazione di dominio, favorendo il principio della "separation of concerns" [B49,B50]. La possibilità di mettere in relazione i processi di inferenza logica garantiti dagli Spider Diagram, con le possibilità modellistiche offerte dalle trasformazioni di grafi ha portato alla costruzione del modello degli Spider Graph, che fornisce una semantica operativa ben definita alle figure di inferenza diagrammatica espresse in termini di sintassi concreta [B51]. I filoni delle annotazioni, dell'estensione degli Spider Diagram alla modellazione object-oriented, e della modellazione basata su risorse sono confluiti nella proposta di indicare mediante annotazioni la relazione degli elementi soggetti a una politica con le risorse che permettono la conformità a quella politica [B52,B53].

### **C. Estensioni multimediali**

Il modello di sentenza visiva, come risultante dall'esistenza di morfismi fra immagini e dimensioni, è stato esteso alla definizione di sentenze multimediali, e all'interazione multimodale [C1], introducendo la dimensione del tempo in aggiunta a quelle che consentono la presentazione visiva delle informazioni. In questo campo ci si è mossi su due filoni. Da un

lato, l'estensione diretta delle nozioni tipiche dell'interazione visiva ha permesso di modellare l'attività di annotazione interattiva di sentenze multidimensionali e di proporre un'architettura di sistema, successivamente sviluppata, per la produzione di tali annotazioni e il loro ritrovamento sulla base di interrogazioni sia visive sia testuali [C2]. In particolare, un qualsiasi elemento multimediale può essere annotato con un qualsiasi altro documento multimediale [C3,C4]. Dall'altro lato, la generalizzazione dell'architettura basata sul disaccoppiamento fra esecutori, osservatori ed elementi di presentazione visivi ha portato alla proposta di un'architettura distribuita basata su componenti liberamente aggregabili e aperti a molteplici forme di comunicazione, sia locali sia in rete [C5].

Lo sviluppo di tale architettura si è intrecciato con una ricerca rivolta alla generazione interattiva di composizioni artistiche, dapprima musicali e successivamente multimediali, dove l'architettura proposta è stata la base per la produzione di performance interattive multimediali. Gli elaborati artistici sono prodotti da un modello in cui diverse componenti impongono vincoli, organizzati in cascata, sul procedere della composizione nel tempo, utilizzando gli ingressi forniti dall'esecutore della performance, e in generale catturando segnali dall'ambiente in cui essa è eseguita, mediante opportuni sensori [C6,C7]. L'ambiente può anche integrare componenti capaci di definire ed eseguire piani per il raggiungimento di obiettivi specificati mediante interazione multimodale [C8]. Una significativa esperienza è stata sviluppata in questa direzione per l'interazione multimodale con marionette digitali, basata sulla proiezione dei segnali catturati da sensori fisici nel mondo virtuale in cui opera la marionetta. In modo analogo, le azioni della marionetta nel mondo virtuale possono dare origine a nuovi segnali sia nel mondo reale sia in quello virtuale [C9]. I modelli sviluppati in questo ambito possono essere estesi a diversi scenari di collaborazione virtuale o di interazione remota. L'integrazione fra i sistemi di annotazione, sistemi basati su geolocalizzazione e architetture riconfigurabili ha portato alla proposta di un sistema integrato per la produzione di strumenti per la fruizione di siti di interesse culturale [C10]. L'ambiente di annotazione è stato successivamente esteso per gestire aspetti legati alla dinamica delle pagine annotate [C11], alla gestione di gruppi [C12], della collaborazione tramite annotazioni e in cui si possano annotare frammenti di documento sovrapposti (isolando le annotazioni su ogni singolo sottoframmento) [C13] ed eterogenei (strutturando ad albero le annotazioni sui diversi frammenti) [C14]. Infine, è stata proposta un'integrazione fra la nozione di annotazione e quella di risorsa, permettendo la costruzione di documenti personalizzati integrando documenti esistenti e annotazioni [C15]. La tematica delle annotazioni di gruppo è stata ripresa fornendo strumenti per ricercare gruppi affini ai propri interessi o per individuare utenti annotatori potenzialmente interessati a far parte di un gruppo [C16]. In particolare, questo tema è stato affrontato modellando gli interessi di utenti e gruppi in riferimento a ontologie di dominio e sviluppando misure di rilevanza [C17].

Una nuova linea di ricerca si è aperta grazie alla collaborazione nell'ambito del progetto VISEL, volto alla costruzione di ambienti di apprendimento per sordi adulti, che incontrano particolari difficoltà nell'acquisizione di documenti scritti complessi. In questo ambito si è proposta un'architettura di apprendimento basata sulla nozione di percorso [C18,C19], e la si è realizzata sfruttando tecniche di sviluppo basate su modelli [C20]. Il sistema sviluppato integra anche un ambiente per la composizione di segni grafici che permettano la memorizzazione permanente di frasi formate con il linguaggio dei segni, sviluppato secondo tecniche derivate dall'interazione basata su linguaggi.

Analogamente, il progetto InTouch, per lo sviluppo di strumenti di assistenza agli anziani basati su dispositivi multi-touch (tablet, smartphone e tavoli interattivi) ha portato da un lato a utilizzare metodologie appropriate a coinvolgere una platea di anziani, destinatari immediati degli strumenti, nelle attività di progettazione [C21,C22] e dall'altro a sviluppare un ambiente e un linguaggio visivo per la definizione dei programmi interattivi, espressi come pipeline, da utilizzare da parte degli anziani [C23,C24], integrando, tramite il concetto di linked data, contenuti disponibili in rete con contenuti specificamente prodotti dagli anziani e sui quali sviluppare diverse forme di collaborazione. Questo ambiente è stato poi generalizzato per permettere l'interoperabilità fra diversi linguaggi basati sul paradigma pipeline [C25].

L'approccio all'interazione con superfici attive è stato poi esteso, in seguito alla collaborazione instaurata con Kamen Kanev della Shizuoka University, a considerare forme di interazione basate sulla codifica di informazioni in forma permanente sulla superficie stessa. È stato quindi proposto un metamodello e un'architettura software per lo sviluppo di sistemi interattivi che sfruttino queste possibilità [C26].

#### **D. Linguaggi formali**

Le ricerche su linguaggi multidimensionali e su forme di coordinamento e controllo della riscrittura hanno portato anche a risultati nel campo della teoria dei linguaggi formali. In particolare, le proprietà dei sistemi di vincoli per la generazione artistica sono state in prima istanza caratterizzate, per il caso musicale, in termini di linguaggi di pattern [D1], giungendo a identificare una gerarchia di linguaggi "parallela" a quella di Chomsky [D2]. Sono stati poi studiati meccanismi di formazione di gruppi che possono evolvere in maniera coordinata [D3,D4] e forme di riscrittura stratificate che vincolano l'evoluzione di una stringa in uno strato all'evoluzione di stringhe in altri strati, modellando così forme di coordinamento realizzate attraverso modificazioni di un supporto comune [D5].

Alcune caratteristiche della computazione interattiva su parole bidimensionali sono state studiate astrattamente per dare origine a nuovi modelli di riscrittura che operano codificando in forma bidimensionale parole monodimensionali, e traducendo la successione delle interazioni nell'ordine di concatenazione dei simboli progressivamente aggiunti alla parola in formazione [D6]. In questo modo è stato anche ottenuto un risultato di indecidibilità sull'esito

delle computazioni interattive [D7]. Modelli formali ispirati dai meccanismi di controllo sull'applicazione di regole e di comunicazione fra diverse componenti di un sistema distribuito, prodotti in relazione alle esigenze della computazione visiva, sono anche stati sviluppati in relazione a sistemi a membrane, che permettono l'evoluzione concorrente di diverse componenti di un sistema. Anche in questi casi si sono ottenuti risultati di computazione universale, con mezzi più "economici" rispetto a quelli tipicamente utilizzati nell'ambito della computazione a membrane [D8,D9]. La proposta di utilizzare un simbolo trasparente ha poi trovato applicazione anche nel campo dei sistemi di riscrittura su strutture intermedie fra quella lineare e quella multidimensionale, in particolare nella definizione di strati di stringhe, e in modelli basati su una relazione di complementarità fra simboli, quale quella usata nel DNA computing, in tutti i casi arrivando alla definizione di modelli di riscrittura capaci di computazione universale [D10]. L'esplorazione delle caratteristiche delle parole bidimensionali ha messo in luce, sempre nell'ambito della computazione ispirata dalla natura, come le operazioni alla base della riscrittura in reti di processori evolutivi possano essere vincolate a operare su posizioni ai bordi dell'immagine, anziché ovunque come nel caso monodimensionale [D11]. Risultati relativi a proprietà di computazione universale sono stati inoltre raggiunti per diverse varianti di reti di processori evolutivi (su parole monodimensionali) [D12,D13]. L'approccio è stato poi esteso a reti di processori che elaborano parole bidimensionali, mostrandone la potenza espressiva in relazione alle tradizionali classificazioni di famiglie di linguaggi bidimensionali basati sulle operazioni di concatenazione orizzontale e verticale [D14,D15,D16].

Una nuova linea di ricerca, in collaborazione con il Professor Rozenberg, esplora estensioni del modello di Reaction Systems che permettano di modellare l'influenza del sistema sull'ambiente, e non solo dell'ambiente sul sistema, come nel modello classico [D17,D18].

## **Riferimenti (selezione dall'elenco totale delle pubblicazioni)**

### **A. Operazioni su parole multidimensionali**

- [A1] P.Bottoni, G.Mauri, P.Mussio, G.Paun, "On the Power of Pictorial Languages", *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, vol.14, n.6, pp.839-858, 2000.
- [A2] P.Bottoni, G.Mauri, P.Mussio, "From Strings to Pictures and Back", *Romanian Journal of Information Science and Technology*, vol.6, n.1&2, pp.87-104, 2003.
- [A3] P.Bottoni, G.Mauri, P.Mussio, "Bidimensional Contextual Grammars", *Recent Topics in Mathematical and Computational Linguistics*, C. Martin-Vide, G. Paun, eds., Editura Academiei Romane, pp.25-45, 2000.
- [A4] P.Bottoni, "Pictures, layers, DNA sequences: on multidimensional sentences", *Words, sequences, grammars, languages: where biology, computer science, linguistics and mathematics meet I*, C. Martin-Vide, V. Mitrana, eds., Kluwer, pp.199-209, 2001.
- [A5] P.Bottoni, A.Labela, "Pointed pictures", *Journal of Visual Languages and Computing*, vol.18, pp.523-536, 2007.

- [A6] P.Bottoni, A.Labela, "Spatial and temporal aspects in visual interaction", *Journal of Visual Languages and Computing*, vol.23, n.2, pp.91-102, 2012.
- [A7] P.Bottoni, D.Gorla, A.Labela, S.Kasangian, "A doctrinal approach to modal / temporal Heyting logic and non-determinism in processes", *Mathematical Structures in Computer Science*.

## **B. Linguaggi visivi**

- [B1] P.Bottoni, M.F.Costabile, S.Levialdi, P.Mussio "Defining Visual Languages for Interactive Computing", *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics-A*, vol.27, n.6, pp.773-783, 1997.

### Sentenze visive

- [B2] P.Bottoni, M.F.Costabile, S.Levialdi, P.Mussio, "Specification of Visual Languages as Means for Interaction", *Visual Language Theory*, Kim Marriott, Bernd Meyer eds., Springer, pp.353-375, 1998.
- [B3] P.Bottoni, M.F.Costabile, S.Levialdi, P.Mussio, "On Orders in Visual Interaction", *Journal of Visual Languages and Computing*, vol.10, n.4, pp.343-380, 1999.
- [B4] P.Bottoni, M.F.Costabile, S.Levialdi, "Analyzing, modelling, and specifying visual interaction", *Journal of Soft Computing*, vol.7, n.1, pp.9-19, 2002.
- [B5] P.Bottoni, M.F.Costabile, S.Levialdi, P.Mussio, "The Theory of Visual Sentences to Formalize Interactive Visual languages", *Visual Languages for Interactive Computing: Definitions and Formalization*, F. Ferri ed., IGP Press, pp.1-21, 2007

### Sistemi di riscrittura visivi

- [B6] P.Bottoni, P.Mussio, M.Protti, R.Schettini, "Knowledge-based contextual recognition and sieving of digital images", *Pattern Recognition Letters*, vol.10, pp.101-110, 1989.
- [B7] N.Bianchi, P.Bottoni, C.Spinu, C.Garbay, P.Mussio, "Situated Image Understanding in a Multi-Agent Framework", *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, vol.12, n.5, pp.595-624, 1998.
- [B8] P.Bottoni, P.Mussio, M.Protti, "Metareasoning in the determination of image interpretation strategies", *Pattern Recognition Letters*, vol.15, n.2, pp.177-190, 1994.
- [B9] F.Mandorli, P.Bottoni, P.Mussio, U.Cugini, "Interactive knowledge elicitation for application dependent feature evaluation supported by conditional attributed rewriting systems", *Revue Internationale de CFAO et d'informatique graphique*, vol.10, n.1-2, pp.71-93, 1995.
- [B10] P.Bottoni, U.Cugini, P.Mussio, C.Papetti, M.Protti, "A system for form-feature-based interpretation of technical drawings", *Machine Vision and Application*, vol.8, n.5, pp.326-335, 1995.
- [B11] P.Bottoni, M.F.Costabile, S.Levialdi, P.Mussio, "Specifying dialog control in Visual Interactive Systems", *Journal of Visual Languages and Computing*, vol.9, n.5, pp.535-564, 1998.
- [B12] P.Bottoni, M.F.Costabile P.Mussio, "Specification and Dialogue Control of Visual Interaction through Visual Rewriting Systems", *ACM Transactions on Programming Languages and Systems*, vol.21, n.6, pp.1077-1136, 1999.
- [B13] P.Bottoni, S.-K.Chang, M.F.Costabile, S.Levialdi, P.Mussio, "Modelling Visual Interactive Systems Through Dynamic Visual Languages", *IEEE SMC*, vol.32, n.6, pp.654-669. 2002.

### Trasformazioni visive basate su risorse

- [B14] P.Bottoni, B.Meyer, F.Parisi Presicce, "Visual Multiset Rewriting: applications to diagram parsing and reasoning", *Multiset Processing. Mathematical, Computer Science and Molecular Computing Points of View*, C.S.Calude, Gh. Paun, G. Rozenberg, A. Salomaa, eds, LNCS 2235, Springer, pp.45-67, 2001.
- [B15] P.Bottoni, B.Meyer, K.Marriott, F.Parisi Presicce, "Deductive Parsing of Visual Languages", *Proc. of LACL 2001*, P. de Groote, G.Morrill, C. Retoré (eds.), Springer, LNAI 2099, pp.79-94, 2001.
- [B16] B. Meyer, P.Bottoni, "Visual and Diagrammatic Languages: The Logic Perspective", *Visual Languages for Interactive Computing: Definitions and Formalization*, F. Ferri ed., IGP Press, pp.22-50, 2007.
- [B17] U.M.Borghoff, P.Bottoni, P.Mussio, R.Pareschi "Reflective Agents for Adaptive Workflows", *Proc. 2nd Int. Conf. on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology (PAAM '97)*, pp.405-420, 1997.
- [B18] P. Bottoni, M.De Marsico, P.Di Tommaso, S.Levialdi, D.Ventriglia, "Definition of visual processes in a language for expressing transitions", *Journal of Visual Languages and Computing*, vol.15, n.3, pp.211-242, 2004.
- [B19] P.Bottoni, S.Levialdi, "Resource-Based Models of Visual Interaction: Learning from Errors", *Proc. VL/HCC 2005*, pp. 137-144, 2005.
- [B20] P. Bottoni, S.Levialdi, "Entities, substances and time: Resources for interaction", *Proc. VL/HCC 2006*, pp. 121-124, 2006.

### Progetto di sistemi interattivi

- [B21] N.Bianchi, P.Bottoni, P.Mussio, M.Protti, "Cooperative Visual Environments for the design of Effective Visual Systems", *Journal of Visual Languages and Computing*, vol.4, n.4, pp.357-381, 1993.
- [B22] P.Bottoni, G.Costagliola, "On the definition of visual languages and their editors", *Diagrammatic Representation and Inference: Second International Conference, Diagrams 2002, Proceedings*, Mary Hegarty, Bernd Meyer, N. Hari Narayanan eds., LNAI 2317, Springer, Berlin, 305-319, 2002.
- [B23] P.Bottoni, "Dynamic aspects of visual modelling languages", *Proc. Unigra 2003, ENTCS*, vol.82, n.7, R. Bardohl, H. Ehrig eds., pp.131-145, 2003.
- [B24] P.Bottoni, A.Grau, "A Suite of Metamodels as a Basis for a Classification of Visual Languages", *Proc. VL/HCC 2004*, P. Bottoni, C. Hundhausen, S. Levialdi, G. Tortora eds., pp.83-90, IEEE CS Press, 2004.
- [B25] P.Bottoni, D.Frediani, P.Quattrocchi, L.Rende, G.Sarajlic, D.Ventriglia, "A Transformation-Based Metamodel Approach to the Definition of Syntax and Semantics of Diagrammatic Languages", *Visual Languages for Interactive Computing: Definitions and Formalization*, F. Ferri ed., IGP Press, pp.51-73, 2007.
- [B26] P.Bottoni, E.Guerra, J.de Lara, "Metamodel-based definition of interaction with visual environments", *Proc. MDDAUI 2006*, A. Pleuss, J. Van den Bergh, H. Hussmann, S. Sauer, A. Boedcher eds, CEUR Workshop Proceedings, vol.214, ISSN 1613-0073, 2006.

### Applicazioni della riscrittura di grafi

- [B27] P.Bottoni, M.Koch, F.Parisi Presicce, G.Taentzer, "Automatic Consistency Checking and Visualization of OCL Constraints", *Proc. UML 2000*, A. Evans, S. Kent, eds., LNCS 1939, pp.294-308, Springer 2000.

- [B28] P.Bottoni, M.Koch, F.Parisi Presicce, G.Taentzer, "A Visualization of OCL using Collaborations", *Proc. UML 2001*, M. Gogolla, C. Kobryn eds., LNCS 2185, pp.257-271, Springer, 2001.
- [B29] P.Bottoni, F.Parisi-Presicce, G.Taentzer "Specifying Integrated Refactoring with Distributed Graph Transformations", *Applications of Graph Transformations with Industrial Relevance*, (selected papers from AGTIVE 2003), M.Nagl, J.Pfalz, Boris Böhlen eds., LNCS 3062, pp.220-235, Springer, 2004.
- [B30] P.Bottoni, F.Parisi-Presicce, G.Taentzer "Specifying Coherent Refactoring of Software Artefacts with Distributed Graph Transformation", *Transformation of Knowledge, Information and Data: Theory and Applications*, P. van Bommel, ed., IGP press, pp.95-125, 2004.
- [B31] P.Bottoni, F.Parisi Presicce, S.Pulcini, G.Taentzer, "Maintaining coherence between models with distributed rules: from theory to Eclipse", *Proc. GT-VMT2006*, R. Bruni, D. Varró, eds. ENTCS, vol. 211, pp.87-98, 2008.
- [B32] P.Bottoni, K.Hoffmann, F.Parisi-Presicce, G.Taentzer, "High-Level Replacement Units and their Termination Properties", *Journal of Visual Languages and Computing*, vol. 16, pp. 485–507, 2005.
- [B33] P.Bottoni, K. Hoffmann, F. Parisi Presicce, "Termination of Algebraic Rewriting with Inhibitors", *Proc. GRAMOT 2006*, Guest Editors: Gabor Karsai, Gabriele Taentzer, *Electronic Communications of the EASST*, Volume 4, ISSN 1863-2122, 2006.
- [B34] P.Bottoni, F.Parisi Presicce, "A Termination Criterion for Graph Transformations with NACs", *Proc. GraMoT 2010*, ECEASST, vol.30, 2010.
- [B35] P.Bottoni, F.De Rosa K.Hoffmann, M.Mecella, "Applying Algebraic Approaches for Modeling Workflows and their Transformations in Mobile Networks", *Mobile Information Systems*, vol.2, n.1, pp.51-76, 2006.

#### Pattern generativi

- [B36] J.de Lara, E.Guerra, P.Bottoni, "Triple Patterns: Compact Specifications for the Generation of Operational Triple Graph Grammar Rules ", *Proc. GT-VMT 2007*, K. Ehrig, H. Giese eds, *ECEASST*, vol.6, 2007.
- [B37] P.Bottoni, J.de Lara, E.Guerra, "Action Patterns for the Specification of the Execution Semantics of Visual Languages", *Proc. VL-HCC 2007*, IEEE CS Press, pp. 163-170, 2007.
- [B38] P.Bottoni, E.Guerra, J.de Lara, "Enforced Generative Patterns for the Specification of the Syntax and Semantics of Visual Languages", *Journal of Visual Languages and Computing*, Agosto 2008.
- [B39] P.Bottoni, E.Guerra, J.de Lara, "Formal Foundation for Pattern-Based Modelling", *Proc. FASE 2009*, LNCS 5503, pp.278-293, Springer, 2009
- [B40] P.Bottoni, E.Guerra, J.de Lara, "A Language-Independent and Formal Approach to Pattern-Based Modelling with Support for Composition and Analysis", *Information and Software Technology*, vol.52, pp. 821–844, 2010.
- [B41] P.Bottoni, E.Guerra, J.de Lara, "Pattern-based Rewriting through Abstraction", *Fundamenta Informaticae*, vol.144, n.2, pp.109-160, 2016.
- [B42] P.Bottoni, E. Guerra, J. de Lara, "Towards a Formal Notion of Interaction Pattern", *Proc. VL/HCC 2010*, pp.235-239, 2010.
- [B43] P. Bottoni, E.Guerra, J.de Lara," Formalising Interaction Patterns", *Model-Driven Development of Advanced User Interfaces*, H. Hussmann, G. Meixner, D. Zuehlke eds., *Studies in Computational Intelligence*, vol.210, pp.257-276, Springer, 2011.

## Sistemi di vincoli e annotazioni

- [B44] P.Bottoni, A.Fish: A visual language for temporal specifications based on Spider diagrams, *Proc. GT-VMT 2011*, L. Mariani, F.Gadducci eds., *ECEASST 41*, 2011.
- [B45] P.Bottoni, A.Fish, "Policy specifications with Timed Spider Diagrams", *Proc. VL-HCC 2011*, IEEE CS Press, pp. 95-98, 2011.
- [B46] P.Bottoni, A.Fish, "Extending Spider Diagrams for policy definition", in pubblicazione su *Journal of Visual Languages and Computing*, special issue on *Best Papers from GT-VMT 2011*, vol. 24, n.3, pp. 169-191, 2013.
- [B47] P.Bottoni, A.Fish, F.Parisi Presicce, "Preserving constraints in horizontal model transformations", in *Proc. GT-VMT 2010*, ECEASST, vol.29, 2010.
- [B48] P.Bottoni, A.Fish, F.Parisi Presicce, "Incremental update of constraint-compliant policy rules", *Proc. GCM 2010*, ECEASST, vol.39, 2011.
- [B49] P.Bottoni, F.Parisi-Presicce: Modeling context with graph annotations. *Proc. GT-VMT 2012*, A. Fish, L. Lambers eds, *ECEASST 47*, 2012.
- [B50] P.Bottoni, F.Parisi Presicce, "Annotation processes for flexible management of contextual information", *Journal of Visual Languages and Computing*, special issue on *Best Papers from GT-VMT 2012*, vol.24, n.6, pp.421-440, 2013.
- [B51] P.Bottoni, A.Fish, F.Parisi Presicce, "Spider Graphs: A Graph Transformation System for Spider Diagrams", *Software and System Modeling*, vol.14, n.4, pp.1421-1453, 2015.
- [B52] P.Bottoni, A.Fish, A.Heußner, "Annotating Spiders with Resource Information", *Proc. VL/HCC 2014*, pp.33-40, IEEE Press.
- [B53] P.Bottoni, A.Fish, A.Heußner, F.Parisi Presicce, "Resource-aware Policies", online first in *Journal of Visual Languages and Computing*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvlc.2016.10.004>.

## **C. Estensioni multimediali**

- [C1] N.Bianchi-Berthouze, P.Bottoni, "Articulating actions in multimodal interaction", *3D Forum*, vol.16, n. 4, pp.220-225, 2002.
- [C2] P.Bottoni, S.Levialdi, P.Rizzo, "An analysis and case study of digital annotation", *Proc. DNIS-2003*, N. Bianchi-Berthouze ed., LNCS 2822, pp.216-230, Springer, 2003.
- [C3] P.Bottoni, R.Civica, S.Levialdi, L.Orso, E.Panizzi, R.Trinchese, "MADCOW: a Multimedia Digital Annotation System", *Proc. AVI 2004*, M.F: Costabile ed., pp.55-62, ACM Press, 2004.
- [C4] P.Bottoni, S.Levialdi, E.Panizzi, N.Pambuffetti, R.Trinchese, "Storing and retrieving multimedia web notes", *International Journal of Computational Science and Engineering*, vol. 2, n.5/6, pp. 341-358, 2006.
- [C5] P.Bottoni, M.Cammilli, S.Faralli, "ExCAPeME: Generating multimedia content with cellular automata", *IEEE Multimedia*, vol. 11, n.4, pp.78-83, 2004.
- [C6] P.Bottoni, S.Faralli, A.Labela, C.Scozzafava, "CHAMBRE: A distributed environment for the production of multimedia events", *Proc. DMS 2004*, pp.51-56, KSI, 2004.
- [C7] P.Bottoni, A.Labela, S.Faralli, A.Malizia, C.Scozzafava "CHAMBRE: integrating Multimedia and Virtual Tools", *Proc. AVI 2006*, A. Celentano, P. Mussio eds., pp.285-292, ACM Press, 2006.
- [C8] P.Bottoni, S.Faralli, A.Labela, M.Pierro, "Mapping with planning agents in the Max/MSP environment: the GO/Max language ", *Proc. NIME 2006*, pp.322-325, 2006.

- [C9] P.Bottoni, A.Labela, S.Faralli, A.Malizia, M.Pierro, S.Ryu, "CoPuppet: Collaborative Interaction in Virtual Puppetry", *Transdisciplinary Digital Art. Sound, Vision and the New Screen*, (selected papers from DAW2007 / IF 2006), Randy Adams Steve Gibson Stefan Müller Arisona eds., CCIS 7, pp.326-341, Springer, 2008.
- [C10] P.Bottoni, A.Cinnirella, S.Faralli, P.Maurelli, E.Panizzi, R.Trinchese, "Multimedia Annotation of Geo-Referenced Information Sources", B. Günsel et al. (eds.), *Proc. MRCIS 2006*, LNCS 4105, pp.675–682, Springer, 2006.
- [C11] P.Bottoni, A.Cotroneo, M.Cuomo, S.Levialdi, E.Panizzi, M.Passavanti, R.Trinchese, "Facilitating interaction and retrieval for annotated documents", *Int. J. Computational Science and Engineering*, vol.5, n.3/4, pp.197-206, 2010.
- [C12] D.Avola, P.Bottoni, M.Laureti, S.Levialdi, E.Panizzi, "Managing Groups and Group Annotations in MADCOW", *Proc. DNIS 2010*, LNCS 5999, pp.204-219, 2010.
- [C13] D.Avola, P.Bottoni, S.Levialdi, E.Panizzi, "Annotation threads in MADCOW 2.0", *Proc. HC'10*, University of Aizu Press, pp.159-166, 2010.
- [C14] M. Addisu, D. Avola, P. Bianchi, P. Bottoni, S. Levialdi, E. Panizzi, "Annotating Significant Relations on Multimedia Web Documents", *Multimedia Information Extraction*, M. Maybury ed., Chapter 24, pp. 401-417, IEEE Press, 2012.
- [C15] D. Avola, P. Bottoni, R. Genzone, "Light-Weight Composition of Personal Documents from Distributed Information", *Proc. IS-EUD 2011*, LNCS 6654, pp.221-226, 2011.
- [C16] D.Avola, P.Bottoni, A.Hawash, "Supporting Group Collaboration in an Annotation System", accettato per *Journal of Visual Languages and Computing*.
- [C17] D.Avola, P.Bottoni, A.Hawash, "Relevance measures for the creation of groups in an annotation system", *Journal of Visual Languages and Computing*, vol.25, n.6, pp.695-702, 2014.
- [C18] P.Bottoni, D.Capuano, M.De Marsico, A.Labela, S.Levialdi, "DELE: a Deaf-centred E-Learning Environment", *Chiang Mai J. Sci.*, vol.38, pp.31-57, 2011
- [C19] P.Bottoni, D.Capuano, A.Labela, M.De Marsico, A. Labela, "DELE framework: an innovative sight on didactics for deaf people" *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, Vol. 8, n. 3, pp.165–174, 2012.
- [C20] P.Bottoni, F.Borgia, D.Buccarella, D.Capuano, M.De Marsico, A. Labela, "Stories and signs in an e-learning environment for deaf people", in pubblicazione su *Universal Access in the Information Society*, special issue on "Accessibility aspects in UIDLs", 2012.
- [C21] P.Bottoni, S.Giorgi, M.Ceriani, P.Bottoni, A.Talamo, S.Ruggiero, "Keeping "InTOUCH": An Ongoing Co-design Project to Share Memories, Skills and Demands through an Interactive Table", *Proc. SouthCHI 2013*, LNCS 7946, pp.633–640, 2013.
- [C22] A.Talamo, S.Ventura, S.Giorgi, M.Ceriani, P.Bottoni, B.Mellini: "'Do the gestures you think of': creating affordances in codesign", *Proc. CHIItaly 2013*, articolo n.22, ACM Press, 2013.
- [C23] P.Bottoni, M.Ceriani, "SWOWS and dynamic queries to build browsing applications on linked data", *Journal of Visual Languages and Computing*, vol.25, n.6, pp.738-744, 2014.
- [C24] P.Bottoni, M.Ceriani: A Dataflow Platform for In-silico Experiments Based on Linked Data. *Proc. DNIS 2014*, LNCS 8381, pp. 112-131, 2014.
- [C25] P.Bottoni, M.Ceriani, "Towards an Ontology-Based Generic Pipeline Editor", *Proc. DNIS 2015*, LNCS 8999, pp.56-73, 2015
- [C26] P. Bottoni, K. Kanev, N. Mirenkov and M. Ceriani, "A Framework for Situated Interaction with Augmented Surfaces", *International Journal of Software Informatics*.

## Linguaggi formali

- [D1] P.Bottoni, A.Labella, P.Mussio, G.Paun, "Pattern Control on Derivations in Context-Free Rewriting", *Journal of Automata, Languages and Combinatorics*, vol.3, n.1, pp.3-28, 1998.
- [D2] P.Bottoni, A.Labella, G.Paun, "Chomsky Hierarchies of Pattern Languages", *Annals of the Bucharest University. Math.-Inform. Series*, vol.47, pp.27-34, 1998.
- [D3] P.Bottoni, G.Mauri, P.Mussio, "On Controlling Rewriting by Properties of Strings and Symbols", *New Trends in Formal Languages. Control, Cooperation and Combinatorics*, A.Salomaa, G.Paun eds., Springer-Verlag, pp.71-94, 1997.
- [D4] P.Bottoni, G.Mauri, P.Mussio, "Coordination through Group Rewriting", *Grammatical Models of Multi Agent Systems*, A.Salomaa, G.Paun, eds., Gordon & Breach, pp.226-246, 1998.
- [D5] P.Bottoni, G.Mauri, P.Mussio, G.Paun, "Grammars Working on Layered Strings", *Acta Cybernetica*, vol.13, n.4, pp.339-358, 1998.
- [D6] P.Bottoni, G.Mauri, P.Mussio, G.Paun, "Computing with Shapes", *Journal of Visual Languages and Computing*, vol.12, n.4, pp.601-626, 2001.
- [D7] P.Bottoni, S.Levialdi, G.Paun, "Successful Visual Human-Computer Interaction is Undecidable", *Information Processing Letters*, vol.67, pp.13-19, 1998.
- [D8] P.Bottoni, C.Martin-Vide, G.Rozenberg, G.Paun, "Membrane Systems with Promoters / Inhibitors", *Acta Informatica*, vol.38, pp.695-720, 2002.
- [D9] P.Bottoni, A. Labella, C.Martin-Vide, G.Paun, "Rewriting P Systems with Conditional Communication", *Formal and Natural Computing. Essays Dedicated to Grzegorz Rozenberg*, W. Brauer, H. Ehrig, J. Karhumaki, A. Salomaa, eds. LNCS 2300, Springer, pp.325-353, 2002.
- [D10] P.Bottoni, A.Labella, V.Manca, V.Mitrana, "Superposition Based on Watson-Crick Complementarity", *Theory of Computing Systems*, vol.39, pp.503-524, 2006.
- [D11] P. Bottoni, A. Labella, F. Manea, V. Mitrana, J. M. Sempere, "Networks of Evolutionary Picture Processors With Filtered Connections", *Proc. UC 2009*, LNCS 5715, pp. 70–84, 2009.
- [D12] P. Bottoni, A. Labella, F. Manea, V. Mitrana, J. M. Sempere, "Filter Position in Networks of Evolutionary Processors Does Not Matter: A Direct Proof", in *Revised and Selected Papers from DNA 15*, LNCS 5877, pp.1-11 2009.
- [D13] P.Bottoni, A.Labella, F.Manea, V:Mitrana, I.Petre, J.Sempere, "Complexity-Preserving Simulations Among Three Variants of Accepting Networks of Evolutionary Processors", *Natural Computing*, vol.10, n.1, pp. 429-445, 2011.
- [D14] P.Bottoni, A.Labella, V.Mitrana, "Accepting Networks of Evolutionary Picture Processors", *Fundamenta Informaticae* vol. 131, n.3-4, pp.337-349, 2014.
- [D15] P.Bottoni, H.Bordihn, A.Labella, V.Mitrana, "Solving 2D-Pattern Matching With Networks of Picture Processors", *Proc. TPNC 2014*, LNCS 8890 pp. 157-168.
- [D16] H.Bordihn, P.Bottoni, A.Labella, V.Mitrana, "Networks of Picture Processors as Problem Solvers" online first in *Soft Computing*. doi:10.1007/s00500-016-2206-y.
- [D17] P.Bottoni, A.Labella, G.Rozenberg, "Networks of Reaction Systems", accettato in *International Journal of Foundations of Computer Science*.
- [D18] P.Bottoni, A.Labella, G.Rozenberg, "Reaction Systems with influence on environment", accettato in *Journal of Membrane Computing*.