

Francesco Marcelloni

Curriculum vitae

CONTATTI

Prof. Francesco Marcelloni

Università di Pisa

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DII)

Tel.:

Fax:

Email:

FORMAZIONE

Novembre 1996 Dottorato di Ricerca in Ingegneria Elettronica, Informatica e delle Telecomunicazioni, Università di Pisa.

Tesi: *Molecule-oriented models and fuzzy logic-based methods in software development.*

Relatore: Prof. Beatrice Lazzerini, DII, Pisa.

Novembre 1991 Laurea in Ingegneria Elettronica, Università di Pisa.

Tesi: "Progetto ed Implementazione di un Sistema Esperto per la Gestione degli Allarmi". Tale tesi è stata realizzata in collaborazione con lo stabilimento chimico Solvay & Cie Company (Rosignano Solvay (LI)).

Relatore: Prof. Beatrice Lazzerini, DII, Pisa.

CARRIERA

Feb. 2019 -presente Membro del Comitato di Indirizzo della Fondazione Campus, Lucca.

Nov. 2017 -presente Prorettore alla Cooperazione e Relazioni Internazionali dell'Università di Pisa.

Nov. 2017 – presente Membro del Consiglio di Dottorato in Data Science.

Nov. 2016 – Ott. 2017 Delegato del Rettore per l'Internazionalizzazione dell'Università di Pisa

Feb. 2016 - presente Professore ordinario settore disciplinare 09/H1 – Sistemi di Elaborazione delle Informazioni

Mag. 2014 – Sett. 2017 Membro del Consiglio di Amministrazione della Pisa University Press.

Gen 2014 Abilitazione scientifica nazionale come professore ordinario nel settore disciplinare 01/B1 – Informatica.

- Dicembre 2013 Abilitazione scientifica nazionale come professore ordinario nel settore disciplinare 09/H1 – Sistemi di Elaborazione delle Informazioni.
- Gen.2002 – Gen. 2016 professore associato nel settore scientifico disciplinare ING-INF/05 (ex K05A) “Sistemi di Elaborazione delle Informazioni” presso il Dipartimento di Ingegneria della Informazione: Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni, della Facoltà di Ingegneria dell’Università di Pisa.
- Set. 2012 – Gen. 2016 membro del Senato Accademico dell’Università di Pisa.
- Nov. 2009 – Dic. 2012 Coordinatore dell’Area Didattica Europea per l’area di Ingegneria dell’Università di Pisa
- Nov. 2009 – Dic. 2012 Presidente della Commissione per i Rapporti Internazionali della Facoltà di Ingegneria dell’Università di Pisa
- Nov. 2009 – Dic. 2012 Responsabile del Summer Course che la Facoltà di Ingegneria di Pisa organizza con l’Università di San Diego e l’Università di Illinois at Urbana-Champaign (il summer course viene attivato ogni anno a partire dal 2002).
- Mar. 2004 – Nov. 2017 membro del Collegio dei Docenti del Corso di Dottorato in Ingegneria dell’Informazione.
- Feb. 2004 – Nov. 2010 vice-presidente del Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Informatica per la Gestione d’Azienda.
- Ott. 2004 – Ott. 2008 membro della commissione scientifica d’area 09 (Ingegneria industriale e dell’Informazione) dell’Ateneo di Pisa.
- Nov. 2002 – Ott. 2006 membro della Giunta del Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione: Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni, in qualità di rappresentante dei professori associati.
- Nov. 1996 – Dic. 2001 ricercatore nel raggruppamento K05A presso il Dipartimento di Ingegneria della Informazione: Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni, della Facoltà di Ingegneria dell’Università di Pisa.
- Jun. 1997 – Dec. 1997 vincitore di una borsa di studio bando n. 203.15.07 del 29/11/95 del Consiglio Nazionale delle Ricerche per svolgere attività di ricerca all’estero. Da Giugno a Dicembre 1997 ha usufruito della suddetta borsa presso l’Università di Twente.
- Nov. 1994 – Set. 1995 periodo di studio e di ricerca alla Facoltà di Computer Science dell’Università di Twente (Paesi Bassi). In questo periodo è stato un membro del gruppo SETI dell’Università di Twente ed è stato impegnato nel progetto TRESE (Twente Research & Education on Software Engineering) sotto la supervisione del Prof. Mehmet Aksit.

Metriche attuali

Google Scholar

Numero di citazioni: 5110

Indice h: 37

Indice I-10: 105

Scopus

Numero di citazioni: 3262

Indice h: 32

Attività Organizzativa

Co-organizzatore del Workshop “Modeling Software Processes and Artifacts”, Jyväskylä, Finlandia, 9 Giugno, 1997, nell’ambito dell’ECOOP’97.

Co-organizzatore del Workshop “Automating the Object-Oriented Software Development”, Brussels, Belgio, 20 Luglio, 1998, nell’ambito dell’ECOOP’98.

Co-organizzatore della sessione speciale “Data clustering based on nonmetric distance measures” tenuta nell’ambito della Conferenza KES’2002, Crema, Italia.

Co-organizzatore della sessione speciale “Industrial Applications of Soft Computing” tenuta nell’ambito della Conferenza KES’2003, Oxford, Gran Bretagna.

Co-organizzatore della sessione speciale “Designing comprehensible intelligent systems” tenuta nell’ambito della Conferenza ISDA’09, Pisa, Italia.

Co-organizzatore del Workshop “Computational Intelligence for Personalization in Web Content and Service Delivery”, tenuto nell’ambito della Conferenza ISDA’10, Cairo, Egypt, 29 Novembre 1 Dicembre 2010.

Co-organizzatore del Workshop “Computational Intelligence for Personalization in Web Content and Service Delivery”, tenuto nell’ambito di ISDA’11, Cordoba, Spain, 22-24 Novembre 2011.

Co-organizzatore della special session “Computational Intelligence in Wireless System Design, Management and Applications”, tenuta nell’ambito di ISDA’11, Cordoba, Spain, 22-24 Novembre 2011.

Co-organizzatore della special session “Recent Advances on Text and Document Streams Mining”, tenuta nell’ambito di IEEE Conference on Evolving and Adaptive Intelligent Systems, Bari, Italy, 27-29 Maggio, 2020

Nel 2002 **ha fondato insieme alla Prof.ssa Lazerini il gruppo di Computational Intelligence** presso il Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione. Il gruppo ha oggi diversi contatti con analoghi gruppi in tutto il mondo.

Nel 2003 è stato **uno dei fondatori del Laboratorio di Ingegneria Informatica Gestionale** che ha gestito fino al 2006.

Nel 2008 **fonda** in collaborazione con la società Softec s.p.a.

Sesto Fiorentino (FI), il **Centro di Competenza in Mobile Value Added Services** presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione. Il Centro nasce grazie ad un primo finanziamento di 45.000 Euro della stessa Softec e si occupa di progettare applicazioni e servizi per dispositivi mobili. Dalla sua nascita, Francesco Marcelloni è il **Direttore del Centro**.

Dal 2009 al 2013 è il **coordinatore italiano del Machine Intelligence Research Lab**, che raccoglie alcuni tra i più illustri ricercatori nel campo della ricerca sulla Machine Intelligence.

Dal 2010 al 2016 è **membro della Evolutionary Fuzzy Systems Task-Force** della IEEE Computational Intelligence Society.

Attività di Coordinamento in Progetti di Ricerca e Convenzioni

Nel 2001-2002, è stato responsabile scientifico della convenzione tra la Società I.S.E. Ingegneria dei Sistemi Elettronici s.r.l., con sede in Migliarino Pisano – Vecchiano, PISA, e l'Università degli Studi di Pisa - Dipartimento di Ingegneria della Informazione: Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni. Tale convenzione ha riguardato lo sviluppo di un sistema software basato sulla logica fuzzy per la classificazione ed il riconoscimento di vari oli di oliva e per la riduzione del drift presente nei sensori olfattivi.

Nel 2002-2003, è stato responsabile scientifico della convenzione tra la Società Whirpool Europe s.r.l. e il Dipartimento di Ingegneria della Informazione: Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni. Tale convenzione ha riguardato l'analisi dei segnali prodotti da sensori olfattivi posti all'interno di forni domestici.

Nel 2003 è stato responsabile scientifico della convenzione tra la Società Ksolutions Spa, S. Martino Ulmiano (PI) ed il Dipartimento di Ingegneria della Informazione: Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni. Tale convenzione ha riguardato la realizzazione di un sistema per la personalizzazione dei portali Web.

Nel 2004, è stato responsabile scientifico della convenzione tra la Società AIVE con -30020 MARCON (VE) ed il Dipartimento di Ingegneria della Informazione: Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni. Tale convenzione ha riguardato il progetto e la realizzazione di un prototipo su piattaforma SAP per la valutazione di alcuni indicatori di una supply chain previsti dal modello SCOR.

Nel 2005, è stato responsabile scientifico della convenzione tra la Società AIVE con 30020 MARCON (VE) ed il Dipartimento di Ingegneria della Informazione: Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni. Tale convenzione riguardava lo studio di una architettura basata su SAP per la gestione del magazzino utilizzando tag a radiofrequenza.

Nel 2005, è stato responsabile scientifico della convenzione tra la Società SAGO SPA, con sede in Firenze, ed il Dipartimento di Ingegneria della Informazione: Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni. Tale convenzione riguardava lo studio delle problematiche e la definizione dei criteri e metodi di gestione della sicurezza relativa ai sistemi informatici clinico-sanitari.

Nel 2004-2006, è stato responsabile scientifico della convenzione tra la Società Multiconsulting s.r.l. (Prato), ed il Dipartimento di Ingegneria della Informazione: Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni. Tale convenzione riguardava lo studio relativo all'integrazione di moduli SAP con il software ItalFabrics di proprietà della società stessa in vista di un'utilizzazione in modalità ASP.

Dal 2005 al 2006, è stato responsabile scientifico della convenzione tra la Società TD Group S.p.A. (Migliarino Pisano (PI)) ed il Dipartimento di Ingegneria della Informazione: Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni. Tale convenzione riguardava il finanziamento di una borsa di studio per lo studio della modellizzazione dei processi di business e di applicazioni web.

Nel 2006, è stato responsabile per il Dipartimento del progetto GOAL, finanziato dalla Regione Toscana, nell'azione 1.7.1 "Reti per il trasferimento tecnologico", DOCUP OB. 2 Mis. 1.7.

Dal 2006 al 2007 è stato responsabile scientifico della convenzione tra la Società TD Group S.p.A. (Migliarino Pisano (PI)) ed il Dipartimento di Ingegneria della Informazione: Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni. Tale convenzione riguardava lo sviluppo di protocolli efficienti da un punto di vista del consumo energetico per la comunicazione tra nodi sensore fissi e nodi sensore mobili.

Da Febbraio 2007 a Dicembre 2007 è stato responsabile scientifico della convenzione tra la Società SAGO SPA, con sede in Firenze, ed il Dipartimento di Ingegneria della Informazione: Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni. Tale convenzione riguardava lo studio e la definizione delle architetture *model – driven* adattabili al contesto di sviluppo del software di SAGO.

Dall'Aprile 2007 a Febbraio 2008 è stato responsabile scientifico del progetto "Inno.Pro.Moda - Innovazione, progettazione, qualità e tracciabilità per il sistema moda" nell'ambito del Docup Ob. 2 Misura 2.8 "Azioni a sostegno della società dell'informazione" – Azione 2.8.4 "Potenziamento del sistema regionale di servizi telematici e di comunicazione per le PMI" della regione Toscana. Tale convenzione riguardava lo sviluppo di una piattaforma per la tracciabilità dei processi e dei prodotti nel settore moda.

Da Giugno a Dicembre 2007 è stato responsabile della convenzione tra la Società Flyby, con sede in Livorno, ed il Dipartimento di Ingegneria della Informazione: Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni. Tale convenzione riguardava lo sviluppo di algoritmi di computational intelligence per l'individuazione della profondità di fondali marini in prossimità delle coste.

Da Luglio 2007 a Febbraio 2008 è stato responsabile della convenzione tra le Società Acheo s.r.l. (Marina di Carrara), Elettrotecnica Bertani (Romagnano – Massa), Bienne s.n.c. (Avenza – Massa), e Saci Automazioni s.r.l. (Massarosa – Lucca) ed il Dipartimento di Ingegneria della Informazione: Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni. Tale convenzione riguardava lo studio e l'applicazione di reti di sensori all'interno di imbarcazioni da diporto.

Da Maggio 2008 a Settembre 2008 è stato responsabile della convenzione tra la Società TD Group S.p.A. (Migliarino Pisano (PI)) ed il Dipartimento di Ingegneria della Informazione: Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni. Tale convenzione riguardava l'analisi dell'applicazione di reti di sensori all'interno di ambienti

industriali.

Da Luglio 2008 a Luglio 2010 è stato responsabile del progetto “Diagnosi automatica basata su tecniche di intelligenza computazionale delle cause di perdita di efficienza energetica in impianti fotovoltaici” nell’ambito del bando “ricerca ed innovazione in campo territoriale e ambientale” finanziato dalla regione Toscana.

Da Settembre 2008 a Settembre 2009 è stato responsabile per il Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione: Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni del progetto “Tracce sulla Pelle”, nell’ambito del Docup Ob. 2 Misura 1.7 “Trasferimento della innovazione alle PMI” – Azione 1.7.1 “Reti per il trasferimento tecnologico” della regione Toscana. Il progetto riguardava l’analisi dei processi produttivi nella filiera della pelle e lo studio di fattibilità per lo sviluppo di una piattaforma di tracciabilità dei prodotti e dei processi.

Da Gennaio 2008 a Gennaio 2010 è stato responsabile della convenzione tra la Società Softec S.p.A. Sesto Fiorentino, Firenze ed il Dipartimento di Ingegneria della Informazione: Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni. Tale convenzione riguardava l’analisi ed il progetto di servizi fruibili con dispositivi mobili.

Da Giugno a Dicembre 2009 è stato responsabile della convenzione tra la Società ESA SYSTEM con sede in Migliarino Pisano, Pisa ed il Dipartimento di Ingegneria della Informazione: Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni. Tale convenzione riguardava lo sviluppo di un prototipo di sistema per l’ottimizzazione dei percorsi finalizzata alla riduzione dei tempi di raccolta dei rifiuti ed alla minimizzazione del numero di automezzi.

Da Giugno a Settembre 2009 è stato responsabile della convenzione tra la Società Confelettronica con sede in Badia a Settimo (FI) ed il Dipartimento di Ingegneria della Informazione: Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni. Tale convenzione riguardava lo sviluppo di un sistema per acquisire i tempi di lavorazione tramite un sistema di tracciabilità.

Da Marzo 2010 a Dicembre 2011 è stato responsabile per il Dipartimento di Ingegneria della Informazione: Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni del Progetto Bio Custom Shoes toward Therapeutic TECnology, finanziato sul Bando R&S 2008 della Regione Toscana. Tale convenzione riguardava lo sviluppo di una piattaforma informatica di ausilio alla co-progettazione della calzatura personalizzata e dei suoi componenti.

Da Ottobre 2010 a Ottobre 2012 è stato responsabile scientifico del Progetto “A platform for manufacturing process traceability in the leather supply chain”, azione comunitaria di coordinamento MANUNET, 7° Programma Quadro della Comunità Europea. Il progetto si pone come obiettivo lo sviluppo di una piattaforma per la tracciabilità dei processi e dei prodotti nella filiera della pelle.

Da Maggio 2011 ad Aprile 2012 è stato responsabile del Progetto “Un sistema per responsabilizzare l’utente nell’uso di energia elettrica”, finanziato dalla Fondazione Cassa di Risparmio di Lucca, Bando 2011. Il progetto si pone come obiettivo la realizzazione di un sistema per monitorare l’uso dei dispositivi elettrici applicando tecniche di disaggregazione al consumo aggregato di potenza attiva e reattiva, misurata da un sensore wireless.

Da Settembre 2011 a Gennaio 2012 è stato responsabile della convenzione tra TeamSystem Srl con sede legale in Pesaro (PU), ed il Dipartimento di

Ingegneria della Informazione: Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni. Tale convenzione riguarda l'analisi di standard e strumenti per la modellazione dei processi.

Da Maggio 2012 a Novembre 2012 è stato responsabile della convenzione tra TeamSystem Srl con sede legale in Pesaro (PU), ed il Dipartimento di Ingegneria della Informazione: Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni. Tale convenzione riguarda la reingegnerizzazione dei software dell'azienda utilizzando un approccio a processi.

Da Ottobre 2012 è responsabile dell'assegno cofinanziato dalla Regione Toscana nell'ambito del POR FSE 2007- 2013, asse IV Capitale Umano, avviso pubblico di cui al decreto N. 6076 del 27 Dicembre 2011, dal titolo Social Sensing (SOS).

Da Novembre 2012 a Dicembre 2014 è stato responsabile per il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione del progetto SMARTY "SMARt Transport for sustainable citY", finanziato dalla Regione Toscana nell'ambito del Bando Unico R&S - 2012.

Da Marzo 2015 a Marzo 2016 è stato responsabile del progetto "Metodologie e Tecnologie per lo Sviluppo di Servizi Informatici Innovativi per le Smart Cities" finanziato dall'Università di Pisa nell'ambito del bando "Progetti di Ricerca di Ateneo - PRA 2015".

Da Marzo 2017 a Marzo 2019 è responsabile del progetto "IoT e Big Data: metodologie e tecnologie per la raccolta e l'elaborazione di grosse moli di dati" finanziato dall'Università di Pisa nell'ambito del bando "Progetti di Ricerca di Ateneo - PRA 2017".

Da Settembre 2017 a Luglio 2018 è stato responsabile del progetto "Development of a compression scheme for sensor nodes" finanziato da Huawei s.p.a.

Da Dicembre 2017 a Settembre 2019 è responsabile del progetto "Design, Implementation, and experimentation of a new Smart Applicant Tracking System (Smart-ATS), based on advanced techniques of machine learning for profiling and matching of job demand and offer with reference to new professional figures characterized by multi-disciplinary skills required by Industry 4.0 (Talent) ", finanziato dalla Regione Toscana nell'ambito del programma regionale "FESR 2014-2020, bando N. 2: progetti di ricerca e sviluppo delle MPMI."

Da Ottobre 2017 a Febbraio 2020 è co-responsabile per il dipartimento del progetto "Un sistema di monitoraggio per la predizione degli eventi di traboccamento e inondazione nelle reti fognarie", funded by Tuscany Region in the framework of "ADAPT Assistere l'adattamento ai cambiamenti climatici dei sistemi urbani dello spazio transfronta-liero" cofinanziato nell'ambito del Programma Interreg Italia-Francia Marittimo 2014-2020, approvato dalla Regione Toscana (nella sua qualità di Autorità di Gestione) con Decreto n. 9405 del 09/09/2016".

Partecipazione a convenzioni e progetti di ricerca

Dal 1993 al 1995 ha preso parte al progetto nazionale MURST 60% "Sistemi esperti e loro applicazioni".

Dal 1993 al 1994 ha preso parte al progetto nazionale MURST 40% "Architetture convenzionali e non convenzionali per sistemi distribuiti".

Nell'anno 1995 ha preso parte al progetto nazionale MURST 40% "Metodologie e strumenti di progetto per sistemi distribuiti e paralleli".

Dal 1996 al 1997 ha preso parte al progetto CNR "Architetture parallele e algoritmi per reti neurali e loro applicazioni".

Dal 1997 al 2000 ha preso parte al progetto della Comunità Europea (contratto 25254) "Development and Evaluation of Processing Techniques based on Artificial Neural Networks and Fuzzy Logic for Knowledge Data Extraction – Application to Olfactive Sensor Data Processing" (acronimo INTESA). Nel progetto è stato responsabile del workpackage 5 "Design and implementation of a fuzzy model for temporal response classification".

Dal 1998 al 2000 ha partecipato al progetto PRIN del Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica "Design Methodologies and Tools of High performance Systems for Distributed Applications", denominato MOSAICO.

Dal 2000 al 2001 ha partecipato al progetto giovani ricercatori "Metodologie e Tecniche di Progetto di Sistemi Distribuiti", finanziato dal MURST.

Dal 2001 al 2003 ha partecipato al progetto PRIN del Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica "Metodi innovativi per la stima di costituenti otticamente attivi dell'acqua marina da misure iperspettrali di riflettanza diffusa".

Nel 2002 ha partecipato alla convenzione tra la Società Italia OnLine S.p.A., con sede legale in Milano, ed il Dipartimento di Ingegneria della Informazione. Tale convenzione ha riguardato lo sviluppo di un sistema software che basandosi sulla navigazione dell'utenza del portale di Italia OnLine individuasse una serie di profili degli utenti stessi.

Nel 2003 ha partecipato al progetto di Ricerca OpenLAB per la costituzione di una rete toscana di partner per la promozione e lo sviluppo di prodotti e servizi basati su software *Open Source*, finanziato dalla regione Toscana.

Dal 2004 al 2006 ha partecipato al progetto "CERERE - Metodologie e strumenti per una Banca Dati telematica a supporto della qualità e della sicurezza dei prodotti agro-alimentari", finanziato dalla fondazione Cassa di Risparmio di PISA.

Dal 2005 al 2007 ha partecipato al progetto "SENSORNET – Reti di sensori per monitoraggio ambientale" finanziato dalla fondazione Cassa di Risparmio di PISA.

Dal 2006 al 2010 partecipa al progetto FIRB "Adaptive Infrastructure for Decentralized Organization (ArtDecO)".

Nel 2007, ha partecipato al progetto VirGoal nell'ambito dell'azione 7.2 "Sperimentazione dei modelli di Virtual Enterprise e Virtual Organisation tramite progetti pilota" del Programma di Azioni Innovative VINCI ("Virtual Innovation and Cooperative Integration"). Il progetto proponeva lo studio e l'applicazione di un modello organizzativo tramite il quale aziende eterogenee si possano raggruppare per cogliere nuove opportunità di mercato

Nel 2007-2008 ha partecipato al progetto "GeoMon – Monitoraggio delle opere ingegneristiche e prove geotecniche tramite l'utilizzo delle reti di sensori wireless". Il progetto proponeva lo studio dell'applicazione delle reti di sensori wireless, con particolare riferimento al risparmio energetico, per monitoraggio di opere ingegneristiche.

Nel 2009 ha partecipato al progetto "Operation System per la gestione degli impianti

fotovoltaici basati su tecniche a inseguimento” finanziato dalla Regione Toscana. Il progetto si proponeva l’analisi del progetto sistemistico complessivo di centrali fotovoltaiche.

Dal 2011 al 2013 partecipa al progetto “Smart Building: Un sistema di ambiente intelligente per l’ottimizzazione delle risorse energetiche in complessi di edifici”, finanziato sull’obiettivo 4.1.1.1 del POR FESR 2007-2013 della Regione Sicilia.

Da Novembre 2012 a Novembre 2015 ha partecipato al progetto FP7-ICT PacMan ”Probabilistic and Compositional Representations of Objects for Robotic Manipulation”, Project reference: 600918.

Da Febbraio 2017 a Febbraio 2018 ha partecipato al progetto “Network Neutrality in Mobile Broadband (NeutMon)”, H2020 MONROE project, Grant Agreement 644399.

Da Dicembre 2017 a Settembre 2019 partecipa al progetto “Design and implementation of a Business Intelligence system for Industry 4.0, based on collaboration and automatic interaction functionalities, and big data analytics and machine learning for extracting knowledge and performing predictive analysis integrating Big Data collected from Web and Internet of Things architectures (SIBILLA)”, finanziato dalla Regione Toscana nell’ambito del programma regionale “FESR 2014-2020 “FESR 2014-2020, bando N. 2: progetti di ricerca e sviluppo delle MPMI.”

Ha inoltre partecipato ai progetti MURST 60% (1997/98, 1998/99, 1999/2000, 2001/02, 2002/03, 2003/04, 2004/05).

Progetti Erasmus+ come Coordinatore

Ott. 2017 – Ott. 2020 “KA2 - Development of Higher education institutions Internationalization Policies”, Proposal Number 86264-EPP-1-2017-1-IT-EPPKA2-CBHE-JP, Call EAC/A03/2016 (Coordinatore)

Progetti Erasmus+ come partecipante

Mar. 2017 – Mar 2020 “Tuning Asia-South East / TA-SE” KA2 – Cooperation for innovation and the exchange of good practices – Capacity Building in the field of Higher Education, Call for Proposal EAC/A04/2015.

Chair di Comitati di Programma

TPC co-chair della 9th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications, Novembre 30-Dicembre 2, 2009, Pisa.

General co-chair della 10th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications, Novembre 29-Dicembre 1, 2010, Cairo, Egitto.

TPC co-chair della 11th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications, Novembre 22-24, 2011, Cordoba, Spagna.

TPC chair dello 8th IEEE International Workshop on Sensor Networks and Systems for Pervasive Computing, Marzo 19-23, 2011, Lugano, Svizzera.

Tutorial chair della 31st ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing, Pisa

(Italy), April 4-8, 2016.

Co-chair della Fuzzy Data Science area nel contesto della Fuzz-IEEE Conference, Naples, Italy, July 9-12, 2017.

Co-chair della WWW 2018 Journal Track nel contesto della Web Conference 2018, Lyon, France, April 23-27, 2018.

Partecipazione a Editorial Board di Riviste

Francesco Marcelloni serve nell'Editorial Board delle seguenti riviste:

- International Journal of Computational Intelligence Research dal 2009.
- International Journal of Swarm Intelligence and Evolutionary Computation (Ashdin Publishing) dal 2010
- International Journal of Sensor Networks and Data Communications (Ashdin Publishing) dal 2010
- **Information Sciences** (Elsevier) da Ottobre 2011.
- International Journal On Advances in Software, IARIA, dal 2012.
- International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications dal 2012.
- **Soft Computing** (Springer) da Aprile 2013.
- **IEEE Transactions on Fuzzy Systems** (IEEE) da Novembre 2017.
- **Sensors** (MDPI) da Aprile 2019.

Editor di Special Issue

F. Herrera, F. Marcelloni, V. Loia, Special Issue on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA 2009), International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems, World Scientific, Vol 18, N. 4, 2010.

José Manuel Benítez, Vincenzo Loia, Francesco Marcelloni, Special Issue on Advances in Intelligent Systems, International Journal of Hybrid Intelligent Systems, IOS Press, vol. 7, N. 4, 2010.

K. J. Cios, C. Romero, J.M. Benitez, F. Marcelloni, Special Issue on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA 2011), Integrated Computer-Aided Engineering, IOS Press, vol. 20, N. 3, 2013, pp. 199.

F. Marcelloni, D. Puccinelli, A. Vecchio, Special Issue on “Sensing and Mobility in Pervasive Computing”, Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, Springer, vol. 5, N. 3, pp. 263-264.

Keynote Speaker in Conferenze Internazionali

“Multi-objective Evolutionary Learning of Fuzzy Rule-based Systems for Regression Problems”, 5th IEEE International Workshop on Genetic and Evolutionary Fuzzy Systems,

15 Aprile, nell'ambito del IEEE Symposium Series on Computational Intelligence 2011, Paris.

“Multi-Objective Evolutionary Fuzzy Systems”, Third International Conference of Soft Computing and Pattern Recognition (SoCPaR 2011), Dalian, China, October 14-16, 2011.

“Multi-Objective Evolutionary Fuzzy Systems”, 9th International Workshop on Fuzzy Logic and Applications, August 29-31, 2011, Trani, Italy.

“Multi-Objective Evolutionary Fuzzy Systems in the Era of Big Data”, The 10th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems, 5 – 9 November, 2018 – Moscow.

Oratore invitato

Conferenza “Made in Italy: Tracciabilità, qualità del prodotto ed etica”, C.R.E.D. (Centro Risorse Educative e Didattiche), Scandicci, Firenze, 10 ottobre 2007.

First Workshop on Wireless Sensor Networks for Real Life Applications, Palermo, Maggio 5-6 2008.

Convegno TRA.S.P. – TRAcce Sulla Pelle: Assicurare TRASParenza a produttori e consumatori, I-Place, Scandicci, Firenze, 29 Giugno 2009.

“Perché una piattaforma come TRASP 2.0?”, Workshop “Tracciabilità di Filiera, tradizione del saper fare e innovazione tecnologica per una nuova competitività del Made in Italy”, Firenze, Gennaio 15, 2013.

“The Smarty Project”, Smart City Workshop, SMAU, Milan, October 23, 2013.

“Smart Transport and Smart Buildings for Sustainable City”, Workshop on Smart Semantic Cities, AI*IA 2014, December 12, 2014.

“The role of Big Data in Industry 4.0”, Research to Business, Pisa, December 18, 2017.

“The role of Big Data in Industry 4.0”, Research to Business, Firenze, Luglio 13, 2018.

Attività di revisione

Revisore per riviste internazionali

Francesco Marcelloni ha revisionato articoli per le riviste seguenti:

IEEE Transactions on Evolutionary Computation,
IEEE Transactions on Fuzzy Systems,
IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics (Parts B and C),
IEEE Transactions on Neural Networks,
IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering,
IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems,
ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems,
ACM Computing Surveys,
IEEE Transactions on Industrial Informatics,
Pattern Recognition,
International Journal of Approximate Reasoning,
Fuzzy Sets and Systems,
Information Sciences,
International Journal of Neural Systems,

Knowledge-Based Systems
Soft Computing,
Computer Communications,
Pervasive and Mobile Computing,
Wireless Communications and Mobile Computing,
IEEE Transactions on Software Engineering,
IEE Electronics Letters,
Knowledge and Information Systems,
Pattern Recognition Letters,
Journal of Information Fusion,
Computers & Industrial Engineering: An international journal,
Chemical Engineering and Processing,
Sensors

Revisore per conferenze internazionali

Francesco Marcelloni è stato revisore per diversi congressi internazionali tra cui:

IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI)
IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)
IEEE International Joint Conference on Neural Networks
North American Fuzzy Information Processing Society Conference (NAFIPS)
International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems KES (KES)
Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems (IPMU)
ACM Workshop on Sensor Actor Networks (SANET)
International Conference on Software Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM)
IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC),
European Conference on Object-Oriented Programming (ECOOP)
International Conference on Computational Intelligence for Modelling Control and Automation (CIMCA)
Wireless Networking Symposium, IEEE International Conference on Communications ICC'2011

Revisore libri internazionali

È stato tra i revisori del libro “Building Application Frameworks: Object-Oriented Foundations of Framework Design”, M. E. Fayad, D. C. Schmidt e R E. Johnson, Eds., John Wiley & Sons, Inc., 1999.

Revisore di Proposte per Progetti di ricerca

Nel 2002 e 2003 è stato revisore di proposte di progetti presentati al **Council of Physical Sciences of the Netherlands Organization for Scientific Research (NWO)**.

Nel 2011 è stato revisore di progetti presentati all’**Università di Trieste** nell’ambito del Finanziamento per Ricercatori di Ateneo – FRA 2009.

Nel 2011 è stato membro dello **External Expert Panel (EEP)** per la valutazione delle **COST** (European Cooperation in Science and Technology) Trans-Domain Proposals (TDP) sottomesse in risposta alla Open Call 2011-1.

Da Ottobre 2011 è nella lista degli esperti della Filas, la Società Finanziaria Laziale

di Sviluppo, della **Regione Lazio** come valutatore di progetti nell'ambito del POR FESR 2007-2013. Ha valutato progetti sottomessi nell'ambito degli Avvisi "Progetti di innovazione delle micro e piccole imprese", "Sostegno agli spin-off da ricerca" e "Progetti di R&S in collaborazione da parte delle PMI del Lazio".

Dal 2013 con determinazione n. B00400 del 7 Febbraio 2013 è stato inserito nell'Albo dei revisori della Regione Lazio.

Da Novembre 2011 ad Aprile 2012 è stato incaricato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca per l'attività di valutazione tecnico scientifica ai sensi dell'art. 11 dell'Avviso 713/Ric. del 29 ottobre 2010 e del D.M. 593/2000 e ss.mm. e ii. dei progetti presentati nell'ambito del Programma Operativo Nazionale 'Ricerca e Competitività' (R&C) 2007-2013, Avviso D.D. 713/Ric. del 29 Ottobre 2010 – Asse I – Sostegno ai mutamenti strutturali – Distretti ad alta tecnologia e relative reti e Laboratori pubblico/private e relative reti.

Da Gennaio 2013 è stato incaricato di supervisionare l'andamento di tre di questi progetti.

Nel Giugno 2012 è stato revisore di progetti presentati all'**Università di Trieste** nell'ambito degli interventi a sostegno della ricerca.

Da Novembre 2015 è nella lista dei revisori per la Regione Puglia.

Partecipazione a commissioni

Nell'Ottobre 2004 è stato eletto nella **commissione scientifica d'area 09** (Ingegneria industriale e dell'Informazione) dell'Ateneo di Pisa.

Il 9 Febbraio 2006 è stato uno dei tre membri della commissione per gli **esami finali del Dottorato di Ricerca** in Ingegneria Informatica Multimedialità e Telecomunicazioni – XVIII ciclo dell'Università di Firenze.

Il 25 Maggio 2007 è stato uno dei tre membri della commissione per gli **esami finali del Dottorato di Ricerca** in Ingegneria dell'Informazione, XIX ciclo dell'Università di Pisa.

Nel Marzo 2008 è stato membro della commissione per la copertura di un posto di categoria C, area amministrativa, per la stipula di un contratto di lavoro della durata di 12 mesi.

Nel Giugno 2008 è stato **uno dei cinque membri della commissione internazionale** per l'attribuzione del titolo di Dottore di Ricerca del Dott. José Luis Aznarte Mellado all'Università di Granada, Spagna.

Il 29 Maggio 2009 è stato uno dei tre membri della commissione per gli **esami finali del Dottorato di Ricerca** in Ingegneria dell'Informazione, XXI ciclo dell'Università di Pisa.

Il 28 Febbraio 2012 è stato uno dei tre membri della commissione per gli **esami finali del Dottorato di Ricerca** in Informatica, X ciclo – Nuova Serie, dell'Università di Salerno.

Il 24 Marzo 2014 è stato uno dei tre membri della commissione per gli **esami finali del Dottorato di Ricerca** in Ingegneria Informatica, Multimedialità e Telecomunicazioni, XXV ciclo" dell'Università di Firenze.

Il 24 Marzo 2014 è stato uno dei tre membri della commissione per gli **esami finali del Dottorato di Ricerca** in Informatica, Sistemi e Telecomunicazioni, indirizzo in Ingegneria Informatica, Multimedialità e Telecomunicazioni, XXVI ciclo", dell'Università di Firenze.

Il 26 Maggio 2014 è stato uno dei tre membri della commissione per gli **esami finali del Dottorato di Ricerca** in Informatica, XXVI ciclo”, dell’Università di Bari.

Il 30 Maggio 2016 è stato uno dei tre membri della commissione per gli **esami finali del Dottorato di Ricerca** in Ingegneria dell’Informazione, XXVIII ciclo”, dell’Università di Pisa.

Nel Marzo 2017 è stato uno dei tre membri della commissione per un posto da ricercatore, art. 24, comma 3 lett. a, della Legge 240/2010, Settore concorsuale 09/H1 Sistemi di Elaborazione delle Informazioni settore scientifico disciplinare ING-INF/05 “Sistemi di Elaborazione delle Informazioni” bando RIC2016a1_20, bandito presso il Dipartimento di Ingegneria dell’Università di Pisa.

Nel Maggio 2017 è stato uno dei tre membri della commissione per un posto da ricercatore all’Istituto di Informatica e Telematica del CNR.

Nel Settembre 2017 è stato uno dei tre membri della commissione per un posto da professore associato nel Settore concorsuale 09/H1 Sistemi di Elaborazione delle Informazioni settore scientifico disciplinare ING-INF/05 “Sistemi di Elaborazione delle Informazioni”, bandito presso il Dipartimento di Ingegneria dell’Università di Pisa.

Nel Novembre 2017 è stato uno dei tre membri della commissione per un posto da ricercatore Legge Dicembre 2010, art. 24, comma 3 lett. a, della Legge 240/2010, Settore concorsuale 09/H1 Sistemi di Elaborazione delle Informazioni settore scientifico disciplinare ING-INF/05 “Sistemi di Elaborazione delle Informazioni” bando 3-RTDA-2017-04, bandito all’Università di Napoli – Federico II.

Nel Settembre 2019 è stato uno dei tre membri della commissione per un posto da ricercatore a tempo determinato, art. 24, comma 3 lett. a, della Legge 240/2010, nel Settore concorsuale 09/H1 Sistemi di Elaborazione delle Informazioni settore scientifico disciplinare ING-INF/05 “Sistemi di Elaborazione delle Informazioni”, bandito presso il Dipartimento di Ingegneria dell’Università di Pisa.

Nel Settembre 2019 è stato uno dei tre membri della commissione per un posto da ricercatore a tempo determinato, art. 24, comma 3 lett. b, della Legge 240/2010, nel Settore concorsuale 09/H1 Sistemi di Elaborazione delle Informazioni settore scientifico disciplinare ING-INF/05 “Sistemi di Elaborazione delle Informazioni”, bandito presso l’Università di Trieste.

È stato membro di diverse commissioni per l’assegnazione di borse di studio e assegni di ricerca.

Partecipazione a comitati per l’assegnazione di Premi

Agosto 2017 Uno dei membri del comitato per l’assegnazione del premio AI*IA Neolaureati “Leonardo Lesmo” 2017.

Attività di Tutoraggio per Studenti di Dottorato

Nell’ambito del Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell’Informazione (presso il Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione) ha svolto o sta svolgendo il ruolo di tutore

per i seguenti Dottori di Ricerca:

Marco Cococcioni (2001-2003)
Mario C.G.A. Cimino (2004-2007)
Michela Antonelli (2004-2007)
Pietro Ducange (2006-2008)
Armando Segatori (2012-2015)
Marco Barsacchi (2015-2018)
Alessandro Bondielli (2017-2020)
Alessandro Renda (2017-2020)

Ha svolto sempre nell'ambito Dottorato in computer science and engineering (IMT di Lucca) il ruolo di tutore per i seguenti Dottori di Ricerca:

Alessio Botta (2006-2008)
Massimo Vecchio (2007-2009)
Alessandro Ciaramella (2008-2010)

Attività di Supervisione di Assegni di Ricerca

Mario C.G.A. Cimino (2008-2012)
Pietro Ducange (2009-2014)
Michela Antonelli (2009-2013)
Eleonora D'Andrea (2013-2015)
Francesco Pistolesi (2015-2016)
Eleonora D'Andrea (2016-2018)

Partecipazione a Comitati di Programma

Francesco Marcelloni è stato un membro del Comitato di Programma di più di 120 conferenze internazionali.

Associazioni

Dal 13 Maggio 2004 al 12 Maggio 2006 è stato associato all'Istituto nazionale di Fisica Nucleare (INFN).

Riconoscimenti

L'articolo [R15] è stato selezionato per la trasmissione tra i migliori prodotti dell'Ateneo di Pisa nel periodo 2001-2003, per testimoniare la ricerca dell'Ateneo nella procedura di valutazione al Comitato di Indirizzo per la valutazione della Ricerca (CIVR) del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della ricerca.

Attività scientifica

L'attività di ricerca scientifica si è articolata nell'ambito dei seguenti temi: data mining and machine learning, computational intelligence e sue applicazioni ingegneristiche, metodologie di progetto di sistemi orientati agli oggetti, infrastrutture informatiche per la tracciabilità dei lotti e dei processi, service recommender, algoritmi di compressione e aggregazione dei dati e di localizzazione in reti di sensori, sistemi esperti, elaborazione di immagini mediche, servizi per smart cities e algoritmi di data mining per big data.

Nel seguito, i principali risultati scientifici raggiunti in questi campi sono descritti in dettaglio, con riferimento agli articoli dove i risultati sono stati ottenuti.

Computational intelligence e sue applicazioni ingegneristiche

L'attività di ricerca ha riguardato sia alcuni aspetti teorici dei sistemi esperti fuzzy, delle reti neurali, di sistemi fuzzy genetici singolo obiettivo e multi-obiettivo, sia applicazioni ingegneristiche di reti neurali, logica fuzzy ed algoritmi evolutivi.

Aspetti teorici dei sistemi esperti fuzzy

È stato proposto un metodo per ridurre i tempi di elaborazione in sistemi esperti fuzzy con regole MISO (Multi-Input Single-Output) [R7][C10]. Il metodo trasforma ogni regola MISO in una collezione equivalente di regole SISO (Single-Input Single-Output). Quindi, in funzione di alcune proprietà dell'operatore di implicazione fuzzy utilizzato nel sistema, il metodo deduce la conclusione che sarebbe stata prodotta dalla regola MISO originaria, come unione ovvero intersezione delle conclusioni derivate dalle regole SISO equivalenti.

Inoltre, è stato studiato il ragionamento fuzzy e il comportamento degli operatori di implicazione fuzzy. Si sono definite condizioni che permettono di determinare alcune proprietà della conclusione di un insieme di regole fuzzy in funzione sia del tipo di operatori adottati per l'implicazione, la composizione e l'aggregazione fuzzy, sia del tipo di partizioni fuzzy usate per gli universi di ingresso e di uscita [R6] [C8] [C9].

In [C64] è stata anche proposta una tecnica per ridurre il numero di regole in sistemi a regole fuzzy del tipo di Mamdani sfruttando tecniche di minimizzazione proposte nell'ambito della logica multi-valore.

Nuove architetture di rete neurali

Nell'ambito delle reti neurali, sono state proposte tre nuove architetture. La prima è basata sul concetto di receptive field (campi ricettivi). A differenza delle reti neurali radial basis function (RBF), la topologia proposta offre un livello considerevole di flessibilità dal momento che i receptive field sono capaci di adattarsi alle caratteristiche dei dati disponibili sperimentalmente [R40]. In pratica, al posto delle RBF vengono utilizzate delle reti neurali multi-layer perceptron (MLP). La strategia di progetto della nuova architettura utilizza tre fasi. Nella prima fase, viene applicato un algoritmo di clustering condizionale, il Fuzzy C-means condizionale, per generare una collezione di granuli di informazione nello spazio delle variabili di ingresso e di uscita. Nella seconda fase, le relazioni ingresso-uscita vengono rifinite usando una collezione di MLP, dove ogni MLP è addestrato con il sottoinsieme di dati associato all'insieme fuzzy corrispondente. Durante la fase di addestramento, ogni campo ricettivo si concentra sulle caratteristiche dei dati disponibili localmente e costruisce

una relazione non-lineare in modo referenziale. Infine, nella terza fase, le connessioni dei receptive field sono ottimizzate attraverso una minimizzazione globale dell'unità di aggregazione lineare posta in uscita all'architettura. L'architettura si è dimostrata più efficace delle reti neurali RBF standard [R40].

La seconda architettura è basata sulla Teoria Morfogenetica (TM) [R41]. Dato un contesto H definito da un insieme di M oggetti, ognuno descritto da un insieme di N attributi, ed un vettore X di uscite desiderate per ogni oggetto, TM combina le nozioni dell'analisi concettuale ed il calcolo tensoriale per generare sistemi morfogenetici (SM). Un SM è definito da un insieme di pesi s^1, \dots, s^N , uno per ogni attributo. Dati H e X , i pesi sono calcolati in modo da generare una proiezione Y di X sullo spazio degli attributi con la minima distanza tra Y e X . Un SM può essere rappresentato come un neurone, neurone morfogenetico (MN), con un numero di sinapsi uguale al numero di attributi e pesi sinaptici uguali a s^1, \dots, s^N . A differenza del paradigma tradizionale delle reti neurali, che adotta un processo iterativo per determinare i pesi sinaptici, in MT i pesi sono calcolati analiticamente. Un metodo per generare reti neurali morfogenetiche per problemi di identificazione è stato proposto in [R41]. Il metodo si basa sull'estendere lo spazio degli attributi in modo da ridurre l'errore tra l'uscita desiderata e quella calcolata. Le reti neurali morfogenetiche possono raggiungere precisioni comparabili alle reti neurali multi-layer perceptron, riducendo drasticamente il tempo necessario a generare la rete. Inoltre, la struttura della rete neurale morfogenetica è determinata automaticamente dal metodo e non richiede un approccio trial-and-error spesso applicato per determinare la struttura delle reti neurali classiche.

La terza architettura modifica lo standard MLP in modo da poter trattare intervalli come ingressi ed uscite. I pesi e la polarizzazione (bias) sono a loro volta degli intervalli piuttosto che dei numeri reali. La rete è addestrata usando un algoritmo genetico [C79]. Le capacità di modellizzazione della rete intervallare MLP proposta sono provate sia su insiemi di dati sintetici che reali [R64].

Applicazione degli algoritmi genetici multi-obiettivo per la generazione di sistemi a regole fuzzy

La maggior parte dei metodi proposti in letteratura per estrarre sistemi di regole fuzzy dai dati si concentrano sulla massimizzazione delle prestazioni e spesso non considerano la comprensibilità del sistema risultante. Solo recentemente, il problema di trovare il giusto compromesso tra comprensibilità e prestazioni ha fatto nascere un crescente interesse in metodi che prendano entrambi gli aspetti in considerazione [C80]. In questo ambito è stato proposto un approccio basato su algoritmi evolutivi multi-obiettivo sia per generare sistemi a regole del tipo Mamdani [C48] che del tipo Takagi-Sugeno [C49]. In particolare, è stata proposta una variante della strategia evolutiva (2+2) PAES, che adotta un operatore di crossover e due operatori di mutazione [R33]. La variante determina un'approssimazione del fronte di Pareto ottimale minimizzando parallelamente l'errore quadratico medio e la complessità. La complessità è data dalla somma del numero di condizioni che compongono gli antecedenti delle regole incluse nel sistema di regole fuzzy. Un valore basso di complessità corrisponde ad un sistema caratterizzato da un numero basso di regole ed un numero basso di variabili di ingresso usate in ogni regola. La variante di (2+2)PAES è stata confrontata con diverse strategie evolutive mostrando ottimi risultati [C54].

In [R43] [C63], la variante del (2+2)PAES è stata estesa per effettuare il tuning delle funzioni di appartenenza utilizzando un metodo introdotto dal gruppo dell'Università di Granada. Il metodo permette la traslazione simbolica di una funzione di appartenenza

utilizzando un solo parametro.

In [R44] [C65] la variante del (2+2)PAES è stata estesa, rispettivamente, con una tecnica basata su una trasformazione lineare a tratti per adattare le partizioni e con una tecnica per determinarne la loro granularità, mantenendo la loro interpretabilità. In questo modo, l'accuratezza del sistema viene migliorata senza aumentare la complessità del sistema stesso.

In [R45][C69], nella variante del (2+2)PAES l'adattamento delle funzioni di appartenenza è stata realizzato con una trasformazione lineare a tratti in modo da apprendere contemporaneamente base di regole e parametri delle funzioni di appartenenza. Inoltre, in [C68] [C70] sono stati definiti due indici per valutare il grado di interpretabilità delle partizioni e dell'intera base di conoscenza, rispettivamente. I due indici sono utilizzati come obiettivi della variante del (2+2)PAES [R53][R54][C75].

La variante del (2+2)PAES risulta computazionalmente molto pesante quando applicata ad insiemi di dati di grandi dimensioni. Per alleviare questo problema sono state proposte due soluzioni. La prima sfrutta un approccio co-evolutivo [R58][C74]: durante l'esecuzione della variante del (2+2)PAES, periodicamente, un algoritmo genetico singolo obiettivo evolve una popolazione di sottoinsiemi di addestramento in modo da massimizzare un indice che misura quanto i fronti di Pareto trovati dal (2+2)PAES usando il sottoinsieme o l'intero insieme di addestramento siano vicini. Dato che il (2+2)PAES evolve per la maggior parte del tempo usando i sottoinsiemi ridotti, il tempo di esecuzione si riduce anche del 90%, come mostrato negli esperimenti. La seconda soluzione sostituisce all'apprendimento evolutivo delle regole un approccio basato su una selezione delle regole a due livelli, denotato RCS [C78][C89]. L'approccio seleziona durante il processo evolutivo un numero ridotto di regole e di condizioni per ogni regola da una base di regole iniziale generata usando una euristica. Lo spazio di ricerca risulta così molto ridotto rispetto all'approccio basato sull'apprendimento delle regole usato nella variante del (2+2)PAES originale. In [R69], abbiamo testato RCS on 24 dataset di classificazione e confrontato i risultati con due simili approcci basati su algoritmi evolutivi multi-obiettivo e due classici classificatori, C4.5 e FURIA.

Le due soluzioni sono state quindi applicate sinergicamente in [C81][R62].

In [R52] [CL6] [C66], è stato proposto un metodo efficiente per calcolare i sistemi a regole fuzzy del tipo Takagi-Sugeno, particolarmente utile quando tali sistemi vengono generati con un algoritmo genetico.

Nell'ambito dei classificatori binari, è stato proposto un nuovo approccio basato sugli algoritmi evolutivi multi-obiettivo per l'ottimizzazione dei classificatori binari. I due obiettivi considerati sono il tasso di falsi positivi (FPR) ed il tasso di veri positivi (TPR), che sono le due misure utilizzate nell'analisi ROC per comparare classificatori differenti [C57][C59]. La principale caratteristica dell'algoritmo evolutivo proposto è che la popolazione evolve basandosi sulle proprietà dell'involucro convesso (convex hull) definito nel piano FPR-TPR. L'algoritmo è stato utilizzato per determinare un insieme di classificatori a regole fuzzy con differenti compromessi tra FPR e TPR per l'individuazione di noduli polmonari in scansioni TAC [R46]. L'algoritmo è in grado di generare un'approssimazione del fronte di Pareto migliore di quella generata dall'algoritmo NSGA-II, uno dei più popolari algoritmi evolutivi multi-obiettivo. Il metodo è stato esteso in [C92] per aggiungere l'apprendimento dei parametri delle funzioni di appartenenza all'apprendimento delle regole durante il processo evolutivo.

Selezione delle istanze e delle caratteristiche in classificatori evolutivi a regole fuzzy

Il tempo computazionale richiesto dagli algoritmi evolutivi per generare modelli basati sulle regole fuzzy dai dati incrementa considerevolmente con l'incremento del numero di istanze nell'insieme di addestramento, principalmente a causa della valutazione della funzione di fitness. Anche, la quantità di dati tipicamente influenza la complessità del modello risultante: un numero più alto di istanze generalmente induce la generazione di modelli con un più alto numero di regole. Entrambi questi problemi possono essere risolti riducendo il numero di istanza prima di applicare il processo evolutivo. Nella letteratura diversi algoritmi sono stati proposti per selezionare istanze senza deteriorare l'accuratezza del modello generato. In [R63][C90], l'efficacia di 36 metodi di selezione delle istanze nell'ambito dei classificatori fuzzy genetici è stata analizzata. Usando 37 insiemi di dati di diverse dimensioni, abbiamo mostrato che alcuni di questi metodi possono aiutare a considerevolmente ridurre la complessità dei modelli con un limitato decremento dell'accuratezza.

In [C97], un nuovo approccio alla selezione delle caratteristiche basato sulla mutua informazione è stato proposto. L'approccio risulta essere particolarmente efficace perché seleziona le caratteristiche usando le stesse partizioni adottate per generare il sistema a regole fuzzy.

Tecniche per adattare sistemi a regole fuzzy a specifici contesti

È ormai accettato che la conoscenza codificata da regole espresse in forma linguistica è universalmente vera. Il significato associato a queste regole può comunque cambiare a seconda del contesto in cui le regole sono adottate. Così, una volta definito un sistema a regole fuzzy, il significato dei termini linguistici utilizzati nelle regole deve essere adattato al contesto in cui il sistema viene utilizzato [C60]. Questo processo è ottenuto applicando degli operatori che modificano opportunamente gli insiemi fuzzy che determinano il significato dei termini linguistici [R36][C51][C52]. L'adeguamento del significato allo specifico contesto è stato generalmente ottenuto utilizzando delle funzioni di scala sia lineari che non lineari. Queste funzioni, comunque, non sono in grado di modellare tutti gli effetti del contesto. Così, sono state definite altre funzioni utilizzando il concetto di modificatore fuzzy. I parametri di queste funzioni sono stati calcolati, prima, utilizzando un algoritmo genetico che, partendo da un insieme di dati raccolti dal sistema reale nello specifico contesto, ottimizzano il significato dei termini utilizzati nelle regole per il particolare contesto. Quindi, è stato applicato un algoritmo genetico multi-obiettivo utilizzando come obiettivi l'errore quadratico medio e il valore di un indice di interpretabilità appositamente definito per lo scopo [R39][C56].

L'approccio proposto in [R39] è stato combinato con l'approccio proposto in [R33] per generare sistemi a regole fuzzy del tipo di Mamdani utilizzando un algoritmo multi-obiettivo cooperativo e coevolutivo [C62]. Questo algoritmo consente di generare un insieme di sistemi a regole fuzzy con diversi compromessi tra i tre obiettivi utilizzati, cioè accuratezza, complessità ed integrità, evolvendo contemporaneamente due popolazioni separate, composte da individui che rispettivamente codificano regole e partizioni. Le dipendenze tra le due popolazioni sono gestite selezionando appropriatamente dei rappresentanti di una popolazione che concorrono a calcolare la fitness dell'altra popolazione e viceversa.

Applicazione della computational intelligence al riconoscimento del testo manoscritto

È stato progettato e realizzato BEATRIX, un sistema in grado di riconoscere da un lato il manoscritto di un qualunque scrittore e dall'altro di imparare dal testo stesso a riconoscere

le particolarità della grafia specifica, aumentando di conseguenza il grado di affidabilità di ogni ulteriore riconoscimento [R1] [RN2] [CN2]. A tale scopo, BEATRIX comprende un complesso di reti neurali che riconoscono i caratteri manoscritti adottando l'approccio con segmentazione e riconoscimento integrati, ed un modulo di analisi del contesto che migliora il tasso di riconoscimento dei singoli caratteri sfruttando la ridondanza lessicale e grammaticale. Inoltre, dopo aver riconosciuto un numero appropriato (definibile dall'utente) di parole con un livello di affidabilità superiore ad una soglia prestabilita, BEATRIX utilizza tali parole per addestrare alcune delle reti neurali specializzandole così a riconoscere la grafia in esame. BEATRIX è in grado di riconoscere, con elevato tasso di corretto riconoscimento, frasi manoscritte relative ad un vocabolario contenente 20.000 parole della lingua inglese.

Inoltre, è stato definito un nuovo metodo basato sulla logica fuzzy per la classificazione ed il riconoscimento off-line di caratteri manoscritti isolati [R8] [C13] [C17]. Il metodo definisce partizioni fuzzy uniformi sulle due dimensioni dell'immagine di un carattere. Quindi, genera una rappresentazione fuzzy linguistica nei due universi delle etichette associate agli insiemi fuzzy orizzontali e verticali. Infine, deriva un modello fuzzy linguistico di riferimento di ogni carattere dalle rappresentazioni fuzzy linguistiche delle istanze di caratteri contenute nell'insieme di addestramento. Quando deve essere riconosciuto un carattere, viene generata la sua rappresentazione fuzzy linguistica e viene confrontata con i modelli fuzzy linguistici di riferimento utilizzando una distanza pesata appositamente definita. Il carattere viene riconosciuto come il carattere associato al modello di riferimento più vicino in termini della distanza definita.

Questo nuovo metodo è stato integrato con il complesso di reti neurali già utilizzate in BEATRIX [CL2] [C24]. Questo ha permesso al modulo di analisi del contesto di poter usufruire di due sorgenti di riconoscimento indipendenti. L'integrazione ha portato un sensibile miglioramento dei risultati ottenuti in BEATRIX.

Integrando ulteriormente il sistema BEATRIX con appropriate statistiche relative al comportamento dell'analizzatore sintattico delle frasi, il sistema BEATRIX ottiene prestazioni tipiche di sistemi 'single-writer' pur mantenendo la flessibilità di sistemi 'omni-writer' [C27].

Applicazione della computational intelligence al riconoscimento automatico degli odori

Un naso elettronico è un dispositivo composto da un array di sensori e da un sistema software in grado di classificare e riconoscere odori. Di solito, i sensori non sono specifici per una determinata sostanza, ma rispondono a tutte le sostanze, anche se con diversa sensibilità.

Sono stati sviluppati tre diversi metodi per la classificazione ed il riconoscimento di segnali prodotti da sensori olfattivi.

Nell'ambito del progetto INTESA (progetto finanziato dalla Comunità Europea), è stato sviluppato un nuovo metodo basato sulla logica fuzzy [R3] [CL3] [C14] [C19] [C21] [C25]. Partendo da un modello fuzzy dei segnali prodotti dai sensori e considerando segnali normalizzati, il metodo genera una descrizione fuzzy linguistica delle risposte tipiche di ogni singolo sensore ai differenti odori. Intuitivamente, si descrive in termini linguistici la forma del segnale, indipendentemente dalla dinamica del segnale stesso. Parallelamente, si costruisce un modello fuzzy della dinamica del segnale. L'integrazione dei due modelli della forma e della dinamica costituisce la rappresentazione fuzzy del segnale. Il metodo è anche in grado di associare un peso ad ogni sensore dell'array di sensori [R17]. In pratica, più "vicini" sono i segnali generati da un sensore in esperimenti ripetuti con lo stesso odore, più

alto è il peso del sensore (relativamente a quell'odore). In fase di riconoscimento di un odore incognito, i pesi dei sensori sono utilizzati per combinare in modo appropriato le risposte dei sensori dell'array. Il metodo è stato utilizzato come sistema di riconoscimento di un naso elettronico in applicazioni di carattere ambientale [R16] ed alimentare [C22] [C35].

Il secondo metodo sviluppato per la classificazione e il riconoscimento di segnali prodotti da sensori olfattivi si basa su un approccio fuzzy gerarchico [R12][C15]. Le risposte dei sensori sono inizialmente rappresentate mediante i coefficienti della trasformata veloce di Fourier. Quindi, si applica un metodo non supervisionato di clustering gerarchico che produce una gerarchia binaria di classi fuzzy. Tale gerarchia è usata per generare in modo supervisionato un classificatore fuzzy gerarchico.

Il terzo metodo sviluppato per la classificazione e il riconoscimento di segnali prodotti da sensori olfattivi si basa su una nuova strategia evolutiva di ricerca e di ottimizzazione [C20]. Attraverso un uso mutuamente esclusivo di crossover e mutazione su ogni singolo cromosoma, la strategia forza la formazione e il mantenimento di sottopopolazioni che coevolvono e convergono verso soluzioni (sub)ottime diverse. Il metodo evolutivo è stato applicato per scoprire il numero ottimo di cluster in insiemi di punti rappresentanti segnali prodotti da sensori olfattivi.

Applicazione della computational intelligence all'aggregazione di classificatori

Il principale obiettivo di un sistema di riconoscimento è quello di ottenere il miglior tasso di riconoscimento per l'applicazione considerata. Dato che non esiste un classificatore adatto ad ogni dominio applicativo, questo obiettivo è tipicamente raggiunto sviluppando diversi sistemi di riconoscimento e combinando le loro uscite. Due nuovi metodi per aggregare le uscite di classificatori sono stati proposti. Il primo metodo sfrutta la conoscenza del comportamento statistico dei singoli classificatori sull'insieme di addestramento per calcolare un grado di confidenza di riconoscimento globale sulla base della probabilità a posteriori che un pattern di ingresso appartenga ad una data classe condizionata dalle risposte specifiche dei classificatori [C28]. Il secondo metodo usa un sistema a regole fuzzy come variante del combinatore lineare [C41]. Mentre il classificatore lineare assegna un peso ad ogni coppia (classificatore, classe), l'approccio proposto consente di associare un peso alla tripla (classificatore, classe, regione dello spazio di uscita dei classificatori). In questo modo, possono essere considerate le correlazioni tra le uscite dei classificatori in differenti regioni dello spazio di uscita dei classificatori stessi. Il metodo proposto è stato confrontato con altre 10 tecniche, mostrando ottimi risultati pur mantenendo la semplicità del combinatore lineare. Il sistema a regole fuzzy utilizzato è un sistema del tipo Takagi-Sugeno che è caratterizzato dall'aver nel conseguente una combinazione lineare degli ingressi. Per determinare i parametri vincolati ad essere non negativi della combinazione lineare è stata proposta una soluzione ricorsiva al problema della minimizzazione ai minimi quadrati (Non-Negative Least Square Problem) che è più efficiente in termini di memoria e tempo di esecuzione della sua controparte non-ricorsiva [R51].

Applicazione della computational intelligence al riconoscimento di forme bidimensionali

Si è proposto un metodo per la classificazione ed il riconoscimento di forme bidimensionali (segnali, caratteri, contorni di immagini) [R15]. Il metodo è un'evoluzione del metodo fuzzy linguistico già presentato nella sezione sul riconoscimento del testo manoscritto e degli odori. Per ogni forma presa in considerazione, il metodo deriva un modello fuzzy linguistico da un insieme di descrizioni fuzzy linguistiche di istanze della

forma. La descrizione fuzzy linguistica sfrutta appropriate partizioni fuzzy delle due dimensioni della forma. Le partizioni sono costruite in modo tale da far risaltare le zone della forma considerate più rilevanti per la classificazione ed il riconoscimento. Un algoritmo genetico è utilizzato per individuare automaticamente le partizioni (sub)ottime. Si è dimostrato che l'utilizzo dell'algoritmo genetico migliora notevolmente i risultati precedentemente ottenuti sul riconoscimento del testo manoscritto e degli odori.

Applicazione della computational intelligence alla pianificazione automatica del montaggio

È stato definito un nuovo metodo basato sugli algoritmi genetici per generare e valutare sequenze di operazioni di assemblaggio [R4] [R5] [C16]. Il metodo parte con una popolazione iniziale di sequenze generate casualmente e, in genere, non fattibili. Nonostante ciò, applicando due nuovi operatori di crossover e mutazione, e cercando di minimizzare sia i cambi di orientamento dell'oggetto durante il montaggio, sia gli strumenti da usare, il metodo riesce a produrre velocemente buone soluzioni anche per oggetti complessi. Un'evoluzione del metodo, in cui i pesi dati ai singoli geni componenti un cromosoma sono adattati automaticamente, ha portato ad un sensibile miglioramento nella qualità delle soluzioni raggiunte [R11].

Applicazione della computational intelligence alla selezione delle caratteristiche

Tipicamente, in problemi di pattern recognition, ogni pattern è descritto da un insieme di caratteristiche (*feature*). Spesso, l'insieme iniziale di feature che caratterizzano un pattern viene ridotto eliminando le caratteristiche che non forniscono informazione utile per il riconoscimento. In questo ambito, si è proposto un metodo per la selezione delle feature che utilizza una versione supervisionata dell'algoritmo fuzzy C-means (FCM) [C23] [R22]. FCM è applicato all'insieme di addestramento per selezionare le feature che meglio descrivono una classe di pattern. Inoltre, FCM assegna un peso ad ognuna delle feature selezionate in modo tale da pesare la sua importanza nell'identificare la classe. Infine, FCM determina le forme delle classi di pattern ed il grado di appartenenza di ogni pattern dell'insieme di addestramento a queste classi. L'uscita prodotta da FCM è utilizzata da una versione dell'algoritmo k-Nearest Neighbours (k-NN) per riconoscere pattern sconosciuti. La combinazione FCM/k-NN è stata applicata per classificare imballi alimentari [R18] e si è rivelata particolarmente efficace nel combattere il drift dei sensori olfattivi [R9].

Si è poi sviluppato un secondo metodo di selezione delle feature che calcola il peso da associare a ciascuna feature minimizzando un appropriato indice definito in termini di somiglianza tra i pattern costituenti l'insieme di addestramento. Feature associate a pesi bassi sono considerate irrilevanti ai fini della caratterizzazione delle classi e sono perciò eliminate. La validità del metodo è stata mostrata su alcuni insiemi di dati di dominio pubblico [R20]. In particolare, adottando il metodo proposto per ridurre le feature ed applicando l'algoritmo 1-NN, si sono ottenuti tassi di corretto riconoscimento uguali e spesso superiori al tasso di corretto riconoscimento raggiunto usando l'intero insieme di feature originali.

Applicazione della computational intelligence al clustering e alla classificazione

In molte applicazioni può essere utile o necessario definire il concetto di somiglianza (ovvero di "non somiglianza") tra coppie di pattern in dipendenza non tanto della loro vicinanza nello spazio delle feature, quanto della loro affinità concettuale. Si pensi, ad esempio, ad un'immagine costituita da elementi, quali case, alberi, ecc., i cui contorni non sono facilmente descrivibili in termini di forme geometriche regolari. In casi come questo,

ad esempio, due punti appartenenti a elementi diversi dell'immagine possono essere più "vicini" di quanto lo siano altre coppie di punti all'interno dello stesso elemento dell'immagine. In questo ambito, si sono proposti due metodi per estrarre direttamente dai dati il grado di somiglianza tra coppie di tali dati: il primo metodo è basato sulle reti neurali [R21] [R24] [R28] [C31] [C32], mentre il secondo sfrutta i sistemi fuzzy [C38].

Nel primo metodo, si è fatto uso di una rete neurale feedforward addestrata con l'algoritmo di backpropagation. La rete, una volta addestrata produce il grado di somiglianza (o di "non somiglianza") tra i due vettori forniti in ingresso. La somiglianza estratta dalla rete neurale può poi essere utilizzata da un qualunque algoritmo di classificazione (ad esempio, l'algoritmo k-NN) per classificare dati sulla base di tale misura. Si è mostrato l'uso del metodo proposto (rete neurale e k-NN) sia su dati artificiali che reali [R31], [C32]. È risultato che la rete neurale è in grado di imparare il concetto di somiglianza corretto pur essendo addestrata con una percentuale molto bassa dei dati di partenza. Alternativamente, la somiglianza prodotta dalla rete neurale può essere usata per guidare un algoritmo di clustering relazionale. Si è mostrato come questo approccio riesca a partizionare correttamente insiemi di dati che non possono essere correttamente partizionati usando algoritmi di clustering tradizionali basati su somiglianza spaziale [R24] [R28] [C31].

Nel secondo metodo, si è utilizzato un sistema fuzzy a regole generato automaticamente dai dati usando algoritmi di clustering e algoritmi genetici [CL5] [R30]. Il sistema associa un grado di somiglianza tra due vettori forniti in ingresso. La somiglianza è stata usata per guidare due diversi algoritmi di clustering relazionale [C38] [C40]. I risultati ottenuti con il sistema fuzzy sono paragonabili a quelli ottenuti con la rete neurale. A differenza della rete neurale, comunque, il sistema fuzzy può fornire una descrizione intuitiva della relazione di somiglianza attraverso le regole che sono espresse in forma linguistica [C38].

Sempre nell'ambito del clustering, si è proposto un nuovo approccio per trasformare una relazione di "dissimilarity" non euclidea in una relazione euclidea, in modo che la relazione trasformata mantenga esattamente la stessa informazione della relazione di partenza [C34]. Lo scopo di questa trasformazione è quello di permettere l'uso dell'algoritmo RFCM (Relational Fuzzy C-Means), uno dei più efficienti algoritmi di clustering relazionale, che garantisce convergenza e stabilità solo se la relazione in oggetto è una relazione di "dissimilarity" euclidea. In questo modo, di fatto, l'algoritmo RFCM può essere applicato a partire da qualunque relazione di "dissimilarity". Si è anche dimostrato che l'approccio proposto ottiene, su un insieme di dati artificiale e su uno reale, risultati migliori di quelli ottenuti dall'algoritmo NERFCM (Non-Euclidean RFCM), uno dei più interessanti algoritmi proposti in letteratura per trasformare una relazione non euclidea in una euclidea. Inoltre, si è proposto un nuovo algoritmo relazionale fuzzy basato sul fuzzy C-means [R27]. L'algoritmo si basa sull'osservazione che un problema di clustering relazionale può essere ridotto ad un problema di clustering di oggetti considerando come caratteristiche dell'oggetto le relazioni tra l'oggetto e gli altri oggetti. Varie prove hanno evidenziato le buone qualità di questo algoritmo in confronto agli algoritmi fuzzy relazionali più popolari.

Nelle applicazioni reali, i dati sono spesso rumorosi e affetti dalla presenza di campioni non appartenenti a nessuna classe (*outlier*). Per gestire adeguatamente rumore e outlier, vengono utilizzati algoritmi di clustering robusti. Uno tra i più famosi di questi algoritmi è il Robust Fuzzy C-means (robust-FCM). In questo algoritmo, il rumore è considerato come un cluster separato ed è rappresentato da un prototipo che ha una distanza costante d da tutti i punti. La distanza d viene fissata prima dell'esecuzione dell'algoritmo e risulta un parametro

sensibile dell'algoritmo. Per determinare questa distanza è stato proposto un algoritmo basato sull'analisi della distribuzione della percentuale di oggetti assegnati al cluster di rumore in esecuzioni ripetute del robust-FCM con valori decrescenti di d . I risultati ottenuti si sono rivelati estremamente interessanti [C42].

Applicazione della computational intelligence alla stima della concentrazione dei costituenti otticamente attivi dell'acqua marina

Si è proposto e sviluppato un modello fuzzy per la stima della concentrazione dei costituenti otticamente attivi dell'acqua marina [R25] [CL1] [C29] [C30]. Come è noto, le concentrazioni di alcuni componenti dell'acqua marina (quali clorofilla, sostanze organiche, ecc.) modificano le proprietà ottiche dell'acqua stessa; quindi tali concentrazioni possono essere stimate usando un insieme di misure di riflettanza dell'acqua marina effettuate da sensori posizionati su satelliti. Poiché la concentrazione di ciascun costituente ha un'alta variabilità e la relazione tra riflettanza e concentrazione dei costituenti è altamente non lineare, il processo di stima è notevolmente complesso e difficile da eseguire adottando tecniche di identificazione standard. Si è quindi proposto un approccio basato sulla logica fuzzy, nel quale la relazione tra le concentrazioni di interesse e le riflettanze è modellata mediante un insieme di regole fuzzy estratte automaticamente dai dati. Il processo di estrazione avviene attraverso i due passi seguenti: i) si applica un algoritmo di clustering fuzzy (in questo caso, una versione modificata dell'algoritmo fuzzy C-means) per ottenere l'insieme iniziale delle regole; tale insieme è ottenuto proiettando sulle variabili di ingresso i cluster prodotti; ii) si ottimizza l'insieme iniziale delle regole mediante un algoritmo genetico che minimizza l'errore tra le uscite desiderate e le uscite predette. Appropriati vincoli vengono imposti al fine di mantenere le proprietà semantiche del modello iniziale durante tutta l'ottimizzazione genetica. In particolare, si garantisce una copertura completa dello spazio di ingresso. Il modello fuzzy è stato applicato a dati simulati, costituiti da coppie (riflettanza, concentrazione di uno specifico componente), riproducenti i dati forniti dal sensore MERIS (MEdium Resolution Imaging Spectrometer) a bordo del satellite ESA-ENVISAT lanciato nel marzo 2002.

Le regole fuzzy di cui sopra sono espresse come regole nella forma TS (Takagi-Sugeno) del primo ordine, cioè aventi una funzione lineare come conseguente di una regola. È stato dimostrato che i modelli TS del primo ordine sono approssimatori universali. Di fatto questo è vero solo se non si impongono vincoli sul numero massimo di regole utilizzate. In realtà, la maggior parte dei metodi proposti in letteratura per costruire modelli TS determina il numero di regole basandosi soltanto sulla distribuzione dei punti noti nello spazio di input-output, senza tenere in considerazione l'errore di approssimazione. Questo significa che, una volta fissato il numero di regole, l'errore desiderato potrebbe non essere raggiungibile. Con riferimento alla stessa applicazione di identificazione delle concentrazioni dei costituenti otticamente attivi dell'acqua marina da dati Meris descritta precedentemente, si è proposto un metodo per migliorare l'errore di approssimazione una volta fissato il numero di regole. Il metodo consiste nell'utilizzare funzioni quadratiche come conseguenti delle regole fuzzy [R32] [C33].

In [R38][C49], la generazione del sistema a regole fuzzy nella forma TS è stata affrontata usando l'algoritmo (2+2)M-PAES descritto precedentemente, con accuratezza e complessità come obiettivi. I sistemi a regole fuzzy sono implementati come reti neurali artificiali. L'algoritmo (2+2)M-PAES identifica la struttura del sistema mentre l'algoritmo di apprendimento della rete aggiusta i parametri delle regole. L'algoritmo genera un insieme

di sistemi a regole TS con differenti trade-off tra accuratezza e complessità. L'efficacia dell'approccio è stata presentata comparando i risultati con quelli ottenuti da altre tecniche sul problema inverso del colore dell'acqua marina.

Applicazione della computational intelligence alla calibrazione automatica del modulo di rilevazione contenuto in un scanner per la tomografia ad emissione di positroni

La tomografia ad emissione di positroni (PET) è una tecnica utilizzata in medicina nucleare che permette di localizzare con alta precisione, all'interno del cervello od altri organi del corpo, una sostanza, precedentemente iniettata nel corpo del paziente e marcata con un radio-isotopo. Come l'isotopo decade, emette raggi gamma che sono intercettati da un rilevatore, usualmente composto da una matrice di cristalli. La matrice è accoppiata ad un tubo foto-moltiplicatore, che ricostruisce l'immagine originale. Il sistema ottico introduce distorsioni spaziali che richiedono una calibrazione. La calibrazione consiste in un processo di segmentazione dell'immagine prodotta dal tubo in un numero fissato di aree. Lo scopo di questa segmentazione è di mappare ogni pixel dell'immagine nel cristallo corrispondente, che è stato colpito dai raggi gamma emessi dalla sorgente radioattiva. Tipicamente, la calibrazione viene effettuata a mano prima della misurazione. In quest'ambito, è stato proposto un metodo basato sulle reti neurali artificiali per effettuare automaticamente la calibrazione [R26] [C39]. Il metodo è stato provato su un numero considerevole di immagini, fornendo risultati estremamente interessanti.

Applicazione della computational intelligence alla profilazione degli utenti di un portale web

Un portale web identifica un sito del world wide web che opera come punto di ingresso per gli utenti quando si connettono al web. Tipicamente, i portali web propongono un insieme di servizi, quali motori di ricerca, news, e-mail, quotazioni delle borse, etc.. Questa quantità di informazione deve essere presentata nel miglior modo possibile agli utenti. A questo scopo, determinare un insieme di profili di utenti tipici può risultare estremamente utile, per esempio, per personalizzare il portale web, organizzare visite guidate e inviare pubblicità adatta. Per la determinazione dei profili sono stati proposti due approcci: il primo basato su una versione appositamente modificata dell'algoritmo di clustering fuzzy C-means [R29] [C36] ed un altro su una versione di un algoritmo gerarchico non supervisionato fuzzy [R31] [C37]. I risultati ottenuti sono stati confrontati tra di loro [C37] e con i risultati forniti dall'applicazione dell'algoritmo A-priori, che viene generalmente usato per determinare le regole associative [C36]. Entrambi i metodi si sono mostrati efficaci nel generare un insieme significativo e rappresentativo di prototipi.

Applicazione della computational intelligence per determinare un insieme di trade-off ottimali tra qualità e compressione delle immagini nell'algoritmo JPEG

Il fattore principale che influenza le prestazioni dell'algoritmo di compressione JPEG è il processo di quantizzazione, che sfrutta i valori contenuti in due tabelle, chiamate tabelle di quantizzazione. Il rapporto di compressione e la qualità delle immagini decodificate sono determinati da questi valori. Così, la scelta corretta delle tabelle di quantizzazione è fondamentale per le prestazioni dell'algoritmo JPEG.

In [R47], è stato applicato un algoritmo evolutivo multi-obiettivo per generare una famiglia di tabelle di quantizzazione ottimali che producono differenti trade-off tra qualità e compressione dell'immagine. Tabelle selezionate nella parte più interessante del fronte di Pareto generato dall'algoritmo evolutivo consentono di migliorare le prestazioni

dell'algoritmo JPEG rispetto alle tabelle di default suggerite nell'annesso K dello standard JPEG.

Applicazione della computational intelligence per individuare guasti in campi fotovoltaici

È stato progettato e sviluppato un sistema intelligente per l'individuazione automatica dei guasti in campi fotovoltaici [C88]. Il sistema sfrutta regole fuzzy di tipo TS per stimare la produzione di potenza istantanea del campo in condizioni di funzionamento normali, cioè senza guasti. La potenza stimata è comparata con la potenza reale prodotta dal campo fotovoltaico e viene generato un allarme se la differenza è più alta di un valore pre-determinato. Test preliminari hanno evidenziato che il sistema può riconoscere più del 90% di condizioni di guasto, anche in caso di rumore.

Applicazione della computational intelligence per ridurre il consumo di potenza nelle abitazioni

Studi recenti hanno evidenziato che una parte significativa del consumo di energia elettrica nelle abitazioni è dovuto ad un uso improprio dei dispositivi elettrici. In questo contesto, un sistema di gestione della potenza automatizzato, capace di ridurre gli sprechi di potenza, preservando allo stesso tempo il livello di comfort percepito dagli utenti, sarebbe estremamente interessante. A questo scopo, abbiamo proposto GreenBuilding, una piattaforma per monitorare il consumo di energia e controllare il comportamento dei dispositivi. GreenBuilding è stato implementato come prototipo ed è stato sperimentato in uno scenario reale [C82][C85]. L'analisi dei risultati ottenuti nella sperimentazione conferma che una quantità rilevante di energia è sprecata a causa di un uso improprio dei dispositivi. In GreenBuilding lo spreco di energia viene ridotto usando semplici regole di conservazione dell'energia per ogni dispositivo, o classe di dispositivi.

GreenBuilding sfrutta un sensore per ogni dispositivo. Per ridurre il costo dell'infrastruttura, un nuovo approccio per estrarre il consumo energetico di un insieme di dispositivi da misure aggregate acquisite con un smart meter è proposto [R67][C91]. L'approccio sfrutta macchine a stati finiti basate su transizioni fuzzy (FSMFT) e un nuovo algoritmo di disaggregazione. Le FSMFT sono usate per modellare grossolanamente come ogni dispositivo lavora. L'algoritmo di disaggregazione sfrutta un database di FSMFT per ipotizzare possibili configurazioni di dispositivi attivi, ad ogni variazione significativa di potenza aggregata. È stato sviluppato un prototipo che implementa l'approccio proposto e è stato testato su uno scenario sperimentale in cui sono stati monitorati undici dispositivi. L'approccio è in grado di disaggregare il segnale di potenza misurata dallo smart meter estraendo il consumo di potenza di ogni singolo dispositivo.

Metodologie di progetto di sistemi orientati agli oggetti

Nell'ambito del riuso e mantenimento dei sistemi orientati agli oggetti è stato introdotto il costrutto molecola come uno strumento per partizionare e strutturare applicazioni software di grandi dimensioni [C3] [C5]. I principali scopi della molecola sono: i) superare la piccola capacità di modellizzazione degli oggetti introducendo entità ad un più alto livello di astrazione degli oggetti stessi, ii) separare quelle parti del sistema che sono intrinsecamente stabili (o indipendenti dall'applicazione) da quelle parti che sono volatili (o dipendenti dall'applicazione), iii) limitare l'intreccio di comunicazioni che normalmente si genera in un sistema orientato agli oggetti tradizionale.

È stato progettato un linguaggio di programmazione, chiamato MOL, basato sul costruito molecola [C4]. Inoltre, è stata proposta una metodologia di sviluppo orientata alle molecole [C6] [C7]. Questa metodologia è tale da favorire in ogni fase del processo di sviluppo e ad ogni livello di astrazione il riuso delle molecole memorizzate in libreria.

Nell'ambito delle metodologie di sviluppo orientate agli oggetti è stata definita una nuova metodologia basata sulla logica fuzzy [R14] [CL4] [C11] [C18] [C26]. Questa nuova metodologia permette di ridurre due problemi intrinseci nei metodi tradizionali [R13]. Il primo problema nasce dall'uso della logica a due valori che non fornisce un mezzo efficace per catturare la natura approssimata ed inesatta tipica di un processo di sviluppo del software. Una valutazione quantitativa degli effetti prodotti dalla inadeguatezza rappresentativa della logica a due valori è stata proposta in [R23]. Il secondo problema è generato dal fatto che la validità di una regola può dipendere in modo determinante da fattori ambientali come il dominio dell'applicazione, i cambiamenti nell'interesse dell'utente e l'evoluzione della tecnologia. L'uso della logica fuzzy permette inoltre di gestire alcune possibili inconsistenze che si generano durante il processo di sviluppo del software [R19]. Queste inconsistenze sono desiderabili quando, per esempio, costituiscono soluzioni alternative per lo stesso problema. Preservare e valutare soluzioni progettuali durante il processo di sviluppo consente di generare un prodotto software migliore.

È stata introdotta una nuova metodologia di progetto di framework orientati agli oggetti [R10] [CL1] [C12]. Dalla considerazione che la principale causa del tempo trascorso nel rifinire un framework è la mancanza di un approccio integrato per modellare i domini di conoscenza relativi al framework e mappare questi domini nel framework, si è definita una metodologia per ovviare a questo problema. Prima viene modellata la architettura del framework attraverso i grafi di conoscenza. Quindi, ogni nodo all'interno del grafo di conoscenza è rifinito in un sottografo chiamato *dominio di conoscenza*. I nodi nel dominio di conoscenza rappresentano specializzazioni nel dominio e le relazioni rappresentano relazioni di specializzazione e generalizzazione. Infine, vengono identificati i nodi in un dominio di conoscenza che possono essere inclusi insieme in una istanza del grafo di conoscenza. L'insieme di alternative corrette è stabilito dallo spazio di adattabilità. Quando un framework è istanziato a formare un'applicazione, ogni nodo nel grafo di conoscenza corrisponde ad una specializzazione del dominio di conoscenza correlato.

È stata proposta una nuova metodologia basata su un approccio dichiarativo indipendente dal dispositivo per sviluppare applicazioni mobili guidate dagli eventi [R60]. La metodologia si fonda su: i) un dispositivo mobile astratto basato su un linguaggio di markup per le interfacce utenti; ii) un meccanismo di adattamento al contesto basato sulle preferenze dell'utente; iii) un meccanismo di adattamento al contesto basato su un contesto di consegna standard; iv) un insieme di API basate su modello ad oggetti; v) un efficiente modello di trasformazione. Più specificatamente, nella fase di progetto, l'applicazione è modellata sul dispositivo astratto in modo indipendente dalla piattaforma. In esecuzione, l'applicazione viene automaticamente adattata alla piattaforma specifica sulla base dei meccanismi di adattamento al contenuto e al contesto.

Infrastrutture informatiche per la tracciabilità dei lotti e dei processi

Seguendo la metodologia descritta nella sezione precedente è stato proposto un framework per la tracciabilità dei lotti in filiere agro-alimentari [C44][C46]. Nello sviluppo del framework, oltre agli aspetti di tracciabilità sono stati considerati anche aspetti legati alla qualità [R34]. Il framework permette sia di tracciare che di rintracciare il percorso di un

prodotto nella filiera. Nella realizzazione del framework sono stati utilizzati sia i web service che lo electronic business using eXtensible Markup Language (ebXML) standard. Grazie a queste due tecnologie, il sistema di tracciabilità fornisce sia omogeneità dei dati, che scalabilità e interoperabilità. I web service sono anche alla base dell'architettura orientata al servizio realizzata per eseguire operazioni specifiche, avviate da processi distribuiti attraverso protocolli diversi (HTTP, POP3, RMI and SMS), sul sistema ERP SAP R/3 [C47]. Peculiare a questa architettura è l'uso del Business Process Execution Language per la coreografia dei servizi. In [C67] il framework per la tracciabilità è stato integrato ad un software per la simulazione dei processi in modo tale da fornire uno strumento che permetta l'analisi dei processi e la loro eventuale re-ingegnerizzazione.

In [R55], è stata inoltre proposta una versione del framework basata sugli agenti, in cui i problemi di tracciabilità e rintracciabilità sono risolti attraverso l'auto-organizzazione. Gli agenti sono basati su un modello di tracciabilità generato analizzando i processi produttivi di filiera e su un paradigma di composizione orientato ai servizi. Inoltre, un agente interfaccia assiste ogni utente nell'eseguire le operazioni per implementare la tracciabilità. Gli agenti interfaccia sono basati su un paradigma consapevole del contesto (context-aware) in modo da guadagnare in termini di auto-configurazione ed auto-adattabilità, e su dispositivi mobili e tag a radiofrequenza, in modo da realizzare un'identificazione del lotto agile ed automatica. Esperimenti di utilizzo del framework nella filiera della pelle e del vino [CL8] sono anche discussi.

Service recommender

Attualmente, un gran numero di risorse sono ormai disponibili per utenti in mobilità e i dispositivi mobili odierni (smartphone, tablet, ecc.) possono gestire localmente un gran numero di risorse quali applicazioni, documenti o pagine web. Cercare risorse utili per ogni specifica circostanza spesso richiede uno sforzo considerevole e raramente porta ad un risultato soddisfacente. Così, uno strumento capace di raccomandare le corrette risorse in ogni situazione sarebbe di grande utilità. A questo proposito in [R49] [C72] è stata proposta un'infrastruttura, chiamata SARR, capace di suggerire basandosi sul riconoscimento della situazione in cui l'utente si trova le risorse utili. Le situazioni sono determinate sfruttando la conoscenza del dominio modellata attraverso ontologie, regole semantiche e regole fuzzy che consentono di associare un grado di certezza con ogni situazione riconosciuta. Questi gradi di certezza sono usati per assegnare una priorità alle risorse associate con le specifiche situazioni.

In [C76], la gestione dell'incertezza è stata affidata ad un'ontologia fuzzy e in [C77] le regole fuzzy sono state adattate ai singoli utenti utilizzando un sistema fuzzy genetico.

In [R59] è stata proposta un'architettura orientata agli agenti che adotta semantic web, logica fuzzy e algoritmi genetici per gestire l'inferenza contestuale, processare informazioni incerte e adattarsi al comportamento dell'utente in modo da fornire sia interoperabilità sia funzionale che strutturale in un ambiente aperto. L'architettura è valutata per mezzo di un caso di studio reale.

SARR sfrutta un calendario per individuare situazioni. Per evitare l'uso del calendario, è stato introdotto uno schema collaborativo multi-agente organizzato in tre livelli di processazione dell'informazione [R61] [C86]. Il primo livello è basato su un paradigma stigmergico, in cui agenti lasciano impronte nell'ambiente in corrispondenza della posizione dell'utente. L'accumulo di tali impronte abilita il secondo livello, a processo di granulazione dell'informazione in cui eventi rilevanti possono emergere e sono catturati da agenti. Infine,

al terzo livello, un processo di inferenza fuzzy deduce situazioni degli utenti dagli eventi sottostanti. Lo schema proposto è stato testato su tre scenari reali rappresentativi, considerando quattro tipi di situazioni. Per ogni scenario, lo schema si è dimostrato capace di riconoscere i quattro tipi di situazione approssimativamente agli istanti quando queste situazioni accadono [R65].

Sistemi esperti

Si è sviluppato uno strumento per la costruzione di sistemi esperti che riescano ad effettuare la valutazione del grado di apprendimento di argomenti specifici [R2] [C1] [CN1]. Tali sistemi sono capaci di adattare dinamicamente la difficoltà dell'esame al grado di conoscenza dell'esaminando. Caratteristica peculiare è il fatto che, basandosi su opportune statistiche raccolte su un primo gruppo di domande alle quali è stato associato un livello di difficoltà direttamente dall'esaminatore, lo strumento è in grado di associare automaticamente un livello di difficoltà ad ogni domanda successiva. Ciò è possibile sottoponendo le domande a gruppi campione di studenti.

Inoltre, lo strumento assegna automaticamente un punteggio ai livelli e alle domande. Ulteriore caratteristica dei sistemi realizzati è l'analisi statistica della facilità e della selettività dei quesiti posti durante l'esame. Tale analisi permette, tra l'altro, di valutare la validità di un esame.

Nell'ambito della convenzione con la Soc. Solvay & Cie, è stato realizzato un sistema esperto per la gestione delle situazioni di allarme in un'industria chimica [RN1] [C2]. Principali caratteristiche di tale sistema sono: i) un'interfaccia amichevole per renderne agevole l'uso anche in situazioni drammatiche tipiche di un'emergenza; ii) l'aggiornamento manuale dei dati relativi all'incidente, in relazione all'evolversi dell'incidente stesso; iii) l'acquisizione e l'aggiornamento automatici in tempo reale dei dati relativi alle condizioni atmosferiche.

Le ultime due caratteristiche consentono di avere risposte dal sistema esperto sempre consistenti con la situazione attuale. Il sistema esperto è stato utilizzato per diversi anni nello stabilimento di Rosignano Solvay della Società Solvay & Cie.

Elaborazione di immagini mediche

I tumori polmonari sono una delle cause più comuni di morte per neoplasia in Europa, Stati Uniti e Giappone. Il basso tasso di sopravvivenza, principalmente dovuto al ritardo nella diagnosi e quindi nel trattamento dei noduli, potrebbe essere migliorato utilizzando periodici test di screening della popolazione maggiormente a rischio. A questo scopo, la radiografia al torace tipicamente usata per lo screening di massa, viene oggi sostituita dalla tomografia computerizzata (TC) spirale a bassa dose, che è più sensibile e quindi più adatta ad individuare e diagnosticare noduli polmonari di piccole dimensioni quando si trovano ancora ad uno stadio precoce. La TC opera una scansione del polmone producendo centinaia di immagini (*slice*) corrispondenti a sezioni contigue del polmone di circa 1 mm di spessore. Per esprimere una diagnosi, i radiologi devono analizzare in dettaglio ogni slice e cercare relazioni tra oggetti evidenziati in slice contigue. La grande quantità di dati coinvolti e la somiglianza tra i vari oggetti (noduli, vasi sanguigni e bronchi) rendono il compito dei radiologi piuttosto arduo. Come ausilio all'analisi delle immagini TC è stato sviluppato un sistema di diagnosi aiutata dal computer per individuare automaticamente lesioni polmonari [R56][C50][C53]. Il sistema prima estrae il parenchima polmonare usando una

combinazione di tecniche di elaborazione delle immagini sia tradizionali che appropriatamente adattate [C43][C45][C73][C93]; quindi identifica e diagnostica i noduli con un metodo tri-dimensionale che distingue forme sferiche, tipiche dei noduli, da forme cilindriche ed ellissoidali, tipiche dei vasi sanguigni [C61]. Il sistema è stato applicato su diverse scansioni composte da mediamente 300 slice, fornendo risultati estremamente incoraggianti [C58].

Aggregazione e compressione dei dati e localizzazione dei nodi nelle reti di sensori wireless

Il risparmio energetico è uno dei problemi più critici nelle reti di sensori wireless dal momento che i nodi sensore sono tipicamente alimentati con batterie con una capacità limitata. La radio a bordo del nodo sensore è una delle principali cause di consumo di energia, così ricezioni/trasmisioni di dati dovrebbero essere limitate il più possibile. A questo scopo, sono state investigate due possibili soluzioni: aggregare dati provenienti da sorgenti differenti e/o comprimere i campioni misurati dai sensori. Per la prima soluzione, è stato proposto un approccio distribuito all'aggregazione dei dati basato sui numeri fuzzy e su operatori di media pesata per ridurre la comunicazione di dati in reti di sensori wireless quando si è interessati ad una stima di un aggregato quale, per esempio, la massima o la minima temperatura nella rete. Il punto di partenza dell'approccio è che ogni nodo mantiene una stima del valore aggregato. Basandosi su questa stima, il nodo decide se un nuovo valore misurato dal sensore a bordo del nodo o ricevuto attraverso un messaggio debba essere propagato lungo la rete. Attraverso la stima del tempo di vita della rete, si è dimostrato che l'approccio consente di ridurre lo scambio di messaggi e di allungare la vita della rete da cinque giorni a più di quattrocento giorni [C55][R35].

Relativamente alla compressione dei dati, le limitate risorse disponibili in un nodo sensore non permettono di usare i tanti algoritmi di compressione che sono stati proposti negli ultimi anni per applicazioni e macchine completamente differenti, ma richiedono lo sviluppo di algoritmi appropriati. In questo contesto, è stato proposto un algoritmo di compressione entropica senza perdite che richiede poca potenza di calcolo, comprime i dati appena acquisiti ed usa un piccolissimo dizionario la cui dimensione è fissata dalla risoluzione del convertitore analogico-digitale a bordo del nodo sensore [R37][CL7]. Per valutare l'efficacia dell'algoritmo, sono stati eseguiti diversi esperimenti con dati reali. L'algoritmo ha dimostrato di poter raggiungere rapporti di compressione superiori ad analoghi algoritmi proposti in letteratura per le reti di sensori e di essere più efficiente da un punto di vista computazionale [R42]. In [R66] è stata presentata una variante dell'algoritmo che adatta i compressor entropici ai dati. La variante ha dimostrato di essere efficace, specialmente quando l'andamento dei dati non è predicibile.

In [R48][R50][C71], è stato proposto un algoritmo di compressione con perdite (lossy) basato su una quantizzazione delle differenze tra campioni consecutivi del segnale. I parametri del quantizzatore sono determinati utilizzando un algoritmo evolutivo multi-obiettivo, utilizzando l'entropia ed il rapporto segnale/rumore come obiettivi. In [C94] è stato presentato un approccio per riconfigurare i parametri di compressione attraverso tecniche cognitive.

La localizzazione dei nodi riveste un ruolo importante in molte applicazioni delle reti di sensori [CL9]. In [R57] è stato considerato il problema di stimare le posizioni dei tutti i nodi di una rete basandosi sulle misure di distanza per quelle coppie di nodi che sono nei rispettivi raggi di trasmissione e su una piccola percentuale di nodi (nodi ancora) la cui

posizione è conosciuta. E' stato proposto un metodo basato su un algoritmo evolutivo a due obiettivi che considera nel processo evolutivo sia l'accuratezza di localizzazione che vincoli imposti dalla topologia della rete [C83] [C84]. Il metodo è stato testato su differenti topologie di reti e comparato con approcci allo stato dell'arte, mostrando di poter raggiungere considerevoli accuratezze di localizzazione, anche rispetto ai metodi usati per comparazione. In [C87] è stato anche effettuato uno studio sull'applicazione di differenti algoritmi evolutivi a due obiettivi.

Servizi per Smart Cities

Monitoraggio della qualità dell'aria

La qualità dell'aria continua ad essere un grave problema per la salute pubblica, l'ambiente e l'economia dei paesi Europei. Una cattiva qualità dell'aria porta malattie, morti premature e danni all'ecosistema. In [R70] abbiamo presentato U-Sense, un sistema per monitorare la qualità dell'aria in tempo reale e in varie zone della città. U-Sense utilizza sensori economici, equipaggiati con sensori di gas appropriati, che possono anche essere installati privatamente dai cittadini. Gli utenti possono condividere le loro misurazioni usando reti sociali.

Gestione efficiente dei parcheggi

In [CL10][C95] abbiamo presentato un sistema per la gestione efficiente dei parcheggi urbani. Il nostro sistema si basa sull'identificazione di ogni singolo stallo senza richiedere sensori o infrastrutture dedicati. Infatti, il sistema raccoglie i dati sull'occupazione degli stalli utilizzando codici QR e dispositivi mobili. L'informazione raccolta può essere usata per definire appropriati schemi di costi, in particolare, per promuovere area non particolarmente occupate.

Rilevamento in tempo reale di traffico dall'analisi dei tweet

Le reti sociali sono state recentemente utilizzate come sorgente di informazione per il rilevamento di eventi, con particolare riferimento a eventi di congestione del traffico e incidenti [C96]. In [R72], abbiamo presentato un sistema per il monitoraggio in tempo reale di eventi di traffico e incidenti dall'analisi dei tweet. Il sistema acquisisce tweet da Twitter secondo alcuni criteri, processa i tweet con tecniche di text mining e infine classifica i tweet. Lo scopo è quello di assegnare l'appropriata classe di eventi al tweet. Il sistema è stato utilizzato per rilevare eventi di congestione del traffico e incidenti in tempo reale in alcune zone dell'Italia. Support Vector Machine sono state utilizzate come classificatori, raggiungendo un'accuratezza del 95.75% risolvendo un problema di classificazione binario (traffico versus non-traffico) e dello 88.89% risolvendo un problema multi-classe (incluso anche l'incidente).

In [R78], abbiamo proposto un sistema esperto per rilevare eventi di congestione del traffico e di incidenti basato sull'analisi di tracce GPS. Il sistema consente di rilevare, con accuratezza superiore al 95% nelle simulazioni effettuate, gli incidenti in tempo reale monitorando i tragitti delle auto.

Algoritmi di Data Mining per Big Data

Nel contesto dei big data, sono stati sviluppati alcuni algoritmi di data mining. In [R75], è stata proposta una versione distribuita basata sul modello MapReduce di programmazione

di un classificatore basato su regole associative. Questa versione estrae le regole associative usando una implementazione distribuita dell'algoritmo FP-Growth. Una volta estratte le regole associative, viene effettuato un pruning distribuito. Il classificatore è stato implementato su Hadoop e testato su sette big dataset, valutando sia la sua accuratezza che la sua scalabilità, anche in confronto con due algoritmi di apprendimento distribuiti allo stato dell'arte. Inoltre, in [R77] è stato proposto un algoritmo di apprendimento per alberi di decisione fuzzy distribuiti. L'algoritmo è stato implementato utilizzando il modello MapReduce di programmazione su piattaforma Spark. Questo algoritmo è il primo proposto nella letteratura per apprendere alberi di decisione fuzzy da grandi moli di dati. Sia l'accuratezza che la scalabilità sono discusse e confrontate con algoritmi allo stato dell'arte.

In [C99][R80], è stata proposta una versione distribuita del classificatore associativo descritto in [R71], per aumentare la sua scalabilità. L'approccio sfrutta un nuovo discretizzatore distribuito basato sulla entropia fuzzy per generare partizioni fuzzy degli attributi in modo efficiente. Quindi, un insieme di regole associative fuzzy candidate sono generate utilizzando una versione distribuita dell'algoritmo FP-Growth. Infine, l'insieme delle regole è ridotto utilizzando tre tipi di potatura (pruning). Il classificatore distribuito fuzzy può gestire big dataset con relativamente modesto supporto hardware.

In [R77], è stato proposto uno schema per l'apprendimento di un albero di decisione fuzzy distribuito da Big Data utilizzando il modello di programmazione MapReduce. Lo schema utilizza un discretizzatore fuzzy distribuito che genera partizioni fuzzy degli attributi continui. Le partizioni fuzzy sono quindi usate come ingressi dell'algoritmo di apprendimento, che sfrutta la nozione di guadagno di informazione fuzzy per selezionare gli attributi usati nei nodi di decisione. Lo schema di apprendimento è stato implementato sul framework Apache Spark. Il comportamento dello schema è stato valutato utilizzando 10 insiemi di dati relativamente alle tre dimensioni seguenti: i) accuratezza, ii) scalabilità variando il numero di unità computazionali e iii) capacità di gestire efficientemente l'incremento di dimensione del dataset. Lo schema è risultato adatto a gestire dataset molto grandi con un modesto supporto hardware.

In [R79], è stato proposto il primo approccio distribuito evolutivo multi-obiettivo per imparare contemporaneamente le basi di regole e di dati di un classificatore fuzzy, massimizzando l'accuratezza e minimizzando la complessità. Durante il processo evolutivo, il calcolo della fitness è diviso tra i nodi del cluster, così permettendo al progettista di distribuire sia la complessità computazionale che la memorizzazione della base di dati. Un numero di esperimenti sono stati eseguiti su dieci dataset reali, valutando l'approccio distribuito in termini di accuratezza e scalabilità, e comparandolo con algoritmi allo stato dell'arte. La versione distribuita proposta può estrarre efficientemente basi di regole compatte con un'alta accuratezza, preservando l'interpretabilità della base di regole e può gestire grandi dataset con un modesto supporto hardware.

Attività didattica

Nella sua attività didattica presso l'Università di Pisa, prima come Ricercatore e poi come Professore Associato, Francesco Marcelloni ha svolto:

A.A. 1996-2000: come compito didattico, le esercitazioni per l'insegnamento di *Calcolatori Elettronici* (1 annualità, IV anno dei corsi di laurea in Ingegneria Elettronica, Ingegneria Informatica ed Ingegneria delle Telecomunicazioni).

A.A. 1998-1999: come compito didattico, parte delle esercitazioni per l'insegnamento di *Ingegneria della Conoscenza e Sistemi Esperti* (1 annualità, IV anno del corso di laurea in Ingegneria Informatica);

A.A. 2000/2001: per supplenza, l'insegnamento di *Calcolatori Elettronici* (1 annualità, IV anno del corso di laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni) e, come compito didattico, le esercitazioni per l'insegnamento di *Calcolatori Elettronici* (1 annualità, IV anno dei corsi di laurea in Ingegneria Elettronica ed Ingegneria Informatica);

A.A. 2001-2002: per titolarità il modulo di *Calcolatori* (6 CFU) dell'insegnamento *Informatica e Calcolatori* (12 CFU, II anno del Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica) e per supplenza l'insegnamento di *Calcolatori Elettronici* (1 annualità, IV anno dei corsi di Laurea in Ingegneria Elettronica ed Ingegneria delle Telecomunicazioni);

A.A. 2002-2003: per titolarità l'insegnamento di *Informatica e Calcolatori* (12 CFU, II anno del Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica) e per supplenza l'insegnamento di *Informatica* (6 CFU, I anno del Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica);

A.A. 2003-2004: per titolarità *Informatica e Calcolatori* (12 CFU, II anno del Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica), per supplenza *Informatica* (6 CFU, I anno del Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica) e per affidamento didattico aggiuntivo *Sistemi Intelligenti di Supporto alle Decisioni* (10 CFU, III anno del Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale).

A.A. 2004-2005: per titolarità *Informatica e Calcolatori* (12 CFU, II anno del Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica) e per affidamento didattico aggiuntivo l'insegnamento di *Calcolatori Elettronici* (12 CFU, II anno del Corso di Laurea in Ingegneria Informatica).

A.A. 2005-2006: per titolarità *Fondamenti di Informatica I* (12 CFU, I anno del Corso di Laurea in Ingegneria Informatica) e per affidamento didattico aggiuntivo l'insegnamento di *Sistemi Informativi* (5 CFU, I anno del Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Informatica per la Gestione d'Azienda). Ha inoltre tenuto 20 ore nel corso di *Calcolatori Elettronici* (12 CFU, II anno del Corso di Laurea in Ingegneria Informatica).

A.A. 2006-2007: per titolarità *Fondamenti di Informatica I* (12 CFU, I anno del Corso di Laurea in Ingegneria Informatica) e per affidamento didattico aggiuntivo l'insegnamento di *Sistemi Informativi* (5 CFU, I anno del Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Informatica per la Gestione d'Azienda). Ha inoltre tenuto un ciclo di seminari nell'ambito dell'insegnamento di *Sistemi di Elaborazione delle Informazioni nel Turismo* del Corso di Laurea Specialistica in Progettazione e Gestione dei Sistemi Turistici Mediterranei.

A.A. 2007-2008: per titolarità *Fondamenti di Informatica I* (12 CFU, I anno del Corso di Laurea in Ingegneria Informatica) e per affidamento didattico aggiuntivo l'insegnamento

di *Sistemi Informativi* (5 CFU, I anno del Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Informatica per la Gestione d'Azienda). Ha inoltre tenuto un ciclo di seminari nell'ambito dell'insegnamento di *Sistemi di Elaborazione delle Informazioni nel Turismo* del Corso di Laurea Specialistica in Progettazione e Gestione dei Sistemi Turistici Mediterranei ed un ciclo di lezioni sulle Reti Neurali nel *Master di secondo livello in Elettroacustica Subacquea e Sue Applicazioni*.

A.A. 2008-2009: per titolarità *Fondamenti di Informatica e Programmazione a Oggetti* (12 CFU, I anno del Corso di Laurea in Ingegneria Informatica) e per affidamento didattico aggiuntivo l'insegnamento di *Sistemi Informativi* (5 CFU, I anno del Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Informatica per la Gestione d'Azienda). Ha inoltre tenuto un ciclo di seminari nell'ambito dell'insegnamento di *Sistemi di Elaborazione delle Informazioni nel Turismo* del Corso di Laurea Specialistica in Progettazione e Gestione dei Sistemi Turistici Mediterranei.

A.A. 2009-2010: per titolarità *Fondamenti di Informatica e Programmazione a Oggetti* (12 CFU, I anno del Corso di Laurea in Ingegneria Informatica) e per affidamento didattico aggiuntivo l'insegnamento di *Sistemi Informativi* (5 CFU, I anno del Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Informatica per la Gestione d'Azienda).

A.A. 2010-2011: per titolarità *Progettazione Web* (6 CFU, III anno del Corso di Laurea in Ingegneria Informatica) e per affidamento didattico aggiuntivo l'insegnamento di *Sistemi di Elaborazione* (12 CFU, II anno del Corso di Laurea in Ingegneria Informatica delle Telecomunicazioni). Ha inoltre tenuto un ciclo di lezioni sui sistemi a regole fuzzy nel *Master di secondo livello in Elettroacustica Subacquea e Sue Applicazioni*.

A.A. 2011-2012: per titolarità *Progettazione Web* (6 CFU, III anno del Corso di Laurea in Ingegneria Informatica) e *Business Intelligence* (6 CFU, II anno del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica per la Gestione d'Azienda) e per affidamento didattico aggiuntivo l'insegnamento di *Sistemi di Elaborazione* (9 CFU, II anno del Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni).

A.A. 2012-2013: per titolarità *Progettazione Web* (6 CFU, II anno del Corso di Laurea in Ingegneria Informatica) e *Business Intelligence* (9 CFU, II anno del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica per la Gestione d'Azienda) e per affidamento didattico aggiuntivo 3 CFU nell'insegnamento di *Systems and Technologies for Ambient Intelligence* (9 CFU, II anno del Corso di Laurea Magistrale in Computer Engineering).

A.A. 2013-2014: per titolarità *Progettazione Web* (6 CFU, II anno del Corso di Laurea in Ingegneria Informatica) e *Business Intelligence* (9 CFU, II anno del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica per la Gestione d'Azienda) e per affidamento didattico aggiuntivo 3 CFU nell'insegnamento di *Systems and Technologies for Ambient Intelligence* (9 CFU, II anno del Corso di Laurea Magistrale in Computer Engineering).

A.A. 2014-2015: per titolarità *Progettazione Web* (6 CFU, II anno del Corso di Laurea in Ingegneria Informatica) e *Business Intelligence* (9 CFU, II anno del Corso di Laurea Magistrale in Computer Engineering) e per affidamento didattico aggiuntivo 3 CFU nell'insegnamento di *Systems and Technologies for Ambient Intelligence* (9 CFU, II anno del

Corso di Laurea Magistrale in Computer Engineering).

A.A. 2015-2016: per titolarità *Progettazione Web* (6 CFU, II anno del Corso di Laurea in Ingegneria Informatica) e *Business Intelligence* (9 CFU, II anno del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica per la Gestione d'Azienda) e per affidamento didattico aggiuntivo 3 CFU nell'insegnamento di *Systems and Technologies for Ambient Intelligence* (9 CFU, II anno del Corso di Laurea Magistrale in Computer Engineering).

A.A. 2016-2017: per titolarità *Progettazione Web* (6 CFU, II anno del Corso di Laurea in Ingegneria Informatica) e *Business Intelligence* (9 CFU, II anno del Corso di Laurea Magistrale in Computer Engineering) e per affidamento didattico aggiuntivo 3 CFU nell'insegnamento di *Systems and Technologies for Ambient Intelligence* (9 CFU, II anno del Corso di Laurea Magistrale in Computer Engineering). Inoltre, ha svolto 17 ore nel modulo di *Data Mining* del Master in Cybersecurity.

A.A. 2017-2018: per titolarità *Progettazione Web* (6 CFU, II anno del Corso di Laurea in Ingegneria Informatica) e *Data Mining* (9 CFU, II anno del Corso di Laurea Magistrale in Computer Engineering) e per affidamento didattico aggiuntivo 3 CFU nell'insegnamento di *Systems and Technologies for Ambient Intelligence* (9 CFU, II anno del Corso di Laurea Magistrale in Computer Engineering). Inoltre, ha svolto 17 ore nel modulo di *Data Mining* del Master in Cybersecurity.

A.A. 2018-2019: per titolarità *Progettazione Web* (6 CFU, II anno del Corso di Laurea in Ingegneria Informatica) e *Data Mining* (9 CFU, II anno del Corso di Laurea Magistrale in Computer Engineering) e per affidamento didattico aggiuntivo 3 CFU nell'insegnamento di *Systems and Technologies for Ambient Intelligence* (9 CFU, II anno del Corso di Laurea Magistrale in Computer Engineering). Inoltre, ha svolto 17 ore nel modulo di *Data Mining* del Master in Cybersecurity.

A.A. 2019-2020: per titolarità *Progettazione Web* (6 CFU, II anno del Corso di Laurea in Ingegneria Informatica) e *Data Mining and Machine Learning* (12 CFU, I anno del Corso di Laurea Magistrale in Artificial Intelligence and Data Engineering). Inoltre, ha svolto 17 ore nel modulo di *Data Mining* del Master in Cybersecurity.

Nel 1998 ha tenuto un ciclo di lezioni (18 ore) sull'argomento "Sistemi Esperti" nell'ambito dei corsi "Qualifica in tecniche di progettazione meccanica" e "Qualifica in tecniche di progettazione di sistemi di automazione di fabbrica e tecniche di gestione della produzione" organizzati dal Consorzio Universitario in Ingegneria della Qualità – Pisa.

Nel 1999 ha svolto un ciclo di esercitazioni di Calcolatori Elettronici per complessive 15 ore all'Accademia Militare di Livorno.

Nel 2008 ha tenuto un ciclo di lezioni (18 ore) sull'argomento "Metodologie di sviluppo object-oriented" presso l'Azienda Sago Informatica Sanitaria con sede a Firenze, Via di Collodi 6/C.

Dal 4 Giugno al 9 Giugno 2012, ha tenuto un ciclo di lezioni su "**Designing Fuzzy Rule-Based Systems: from heuristic approaches to multi-objective evolutionary fuzzy systems**" nel MÁSTER UNIVERSITARIO EN INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA EN

PROCESOS Y SISTEMAS presso l'UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. Il ciclo di lezioni è stato finanziato dal governo spagnolo nell'ambito della SUBVENCIONES PARA LA MOVILIDAD DE PROFESORES VISITANTES EN MÁSTERES OFICIALES CURSO ACADÉMICO 2011/2012.

Dal 21 al 22 Settembre 2013 ha tenuto un ciclo di lezioni (8 ore) su "Designing Fuzzy Rule-Based Systems: from heuristic approaches to multi-objective evolutionary fuzzy systems" per studenti di dottorato all'Università di Essex (UK).

La sua attività didattica comprende anche la stesura di un libro di testo (prima versione [L1] e versione rivista [L2]), in collaborazione con il Prof. Graziano Frosini, per l'insegnamento di "Calcolatori Elettronici" del corso di laurea in Ingegneria Informatica, e due monografie [M1] [M2] per il corso di "Ingegneria della Conoscenza e Sistemi Esperti" del corso di laurea in Ingegneria Informatica. Inoltre, ha curato varie raccolte di lucidi che sono a disposizione degli studenti in parte via web ed in parte presso il Centro Stampa della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pisa.

Francesco Marcelloni è stato relatore di **più di 200 tesi di laurea** in Ingegneria Informatica, Ingegneria Elettronica, Laurea Specialistica in Ingegneria Informatica e Laurea Specialistica in Ingegneria Informatica per la Gestione d'Azienda, e di **otto tesi di dottorato**.

Dal 1996 al 1998 è stato **responsabile dei laboratori** del Corso di Laurea in Ingegneria Informatica.

Dal 1996 al 2004 è stato **responsabile dell'orientamento** per il Corso di Laurea in Ingegneria Informatica.

Commissioni di esame

Francesco Marcelloni è stato presidente delle seguenti commissioni di esame:

- commissione d'esame del corso di "Calcolatori Elettronici" per il corso di laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pisa, dall'anno accademico 2000/2001 all'anno 2003/2004.
- commissione d'esame del corso di "Calcolatori Elettronici" per il corso di laurea in Ingegneria Elettronica della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pisa, dall'anno accademico 2001/2002.
- commissione d'esame del corso di "Informatica e Calcolatori" per il corso di laurea in Ingegneria Elettronica della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pisa, dall'anno accademico 2001/2002.
- commissione d'esame del corso di "Informatica" per il corso di laurea in Ingegneria Biomedica dall'anno accademico 2003/2004 all'anno 2005/2006.
- Commissione d'esame di "Sistemi operativi" per il Diploma di Ingegneria Elettronica dall'anno accademico 2002/2003.
- Commissione d'esame di "Sistemi Intelligenti di Supporto alle Decisioni" per il Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale nell'anno 2003/2004.
- Commissione d'esame di "Fondamenti di Informatica I" per il Corso di Laurea in Ingegneria Informatica dall'anno accademico 2005/2006 al 2008/2009.
- Commissione d'esame di "Sistemi Informativi" per il Corsi di Laurea Specialistica in Ingegneria Informatica per la Gestione d'Azienda dall'anno accademico 2005/2006.
- Commissione d'esame di "Progettazione Web" per il Corso di Laurea in Ingegneria

Informatica dall'anno 2010/2011.

- Commissione d'esame di "Business Intelligence" per il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica per la Gestione d'azienda dall'anno 2011/2012.
- Commissione d'esame di "Data Mining" per il Corso di Laurea Magistrale in Computer Engineering dall'anno 2017/2018.
- Commissione d'esame di "Data Mining and Machine Learning" per il Corso di Laurea Magistrale in Computer Engineering dall'anno 2019/2020.

Francesco Marcelloni ha inoltre fatto parte delle seguenti commissioni di esame:

- commissione d'esame del corso di "Calcolatori Elettronici" per i corsi di laurea in Ingegneria Elettronica, Ingegneria Informatica ed Ingegneria delle Telecomunicazioni della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pisa, dall'anno accademico 1996 all'anno 2001.
- commissione d'esame del corso di "Ingegneria della Conoscenza e Sistemi Esperti" del corso di Laurea in Ingegneria Informatica della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pisa, dall'anno accademico 1998 all'anno 2002.

Francesco Marcelloni ha fatto parte di decine di commissioni di esami di laurea.

Nel 1999 Francesco Marcelloni è stato **membro esperto della commissione esaminatrice** dell'Esame di Stato per la professione di Ingegnere.

Dal 1999 al 2002 è stato **membro della Commissione Studenti e Tutorato** del Corso di Laurea in Ingegneria Informatica.

Dal 2001 al 2002 è stato **membro della commissione (denotata commissione stralcio)** che si occupava dei trasferimenti dal vecchio al nuovo ordinamento del Corso di Laurea in Ingegneria Informatica con potere di deliberare sui trasferimenti stessi.

Dal 2003 è **membro della commissione didattica** del Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Informatica per la Gestione d'Azienda.

Dal 19/02/2004 ad Ottobre 2010 è stato **vice-presidente** del Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Informatica per la Gestione d'Azienda.

Dal 2004 è **membro del Collegio dei docenti** del Corso di Dottorato in Ingegneria dell'Informazione.

Nel 2012, 2013 e 2014 è stato membro delle commissioni per l'ammissione alle lauree Magistrali di Computer Engineering e di Embedded Computing Systems.

Attività di ideazione e coordinamento di Progetti Formativi

Dal 2003 al 2005, ha **ideato ed è stato responsabile del progetto formativo** per moduli professionalizzanti nelle nuove lauree universitarie dal titolo "Progetto e Gestione di Sistemi Informativi per le Aziende", finanziato dalla Regione Toscana (68.438 Euro).

Dal 2004 al 2006, ha **ideato ed è stato responsabile del progetto formativo** per moduli professionalizzanti nelle nuove lauree universitarie dal titolo "Progetto e Gestione di Sistemi Informativi per le Aziende in Rete", finanziato dalla Regione Toscana (75.000 Euro).

Dal 2005 al 2007, ha **ideato ed è stato responsabile del progetto formativo** per

moduli professionalizzanti nelle nuove lauree universitarie dal titolo “Progetto e Gestione di Sistemi Informativi di Supporto alle Scelte Strategiche delle Aziende”, finanziato dalla Regione Toscana (75.000 Euro).

Publicazioni

Volumi

- [V1] A. Abraham, J. M. Benitez Sánchez, F. Herrera, V. Loia, F. Marcelloni, S. Senatore, *Proceedings of ISDA '09*, IEEE Computer Society Press, Pisa, ITALY, 2009.
- [V2] A.E. Hassaniien, A. Abraham, F. Marcelloni, H. Hagra, M. Antonelli, T-P Hong, *Proceedings of ISDA '10*, IEEE Press, Cairo, Egypt, 2010.
- [V3] S. Ventura, A. Abraham, K. Cios, C. Romero, F. Marcelloni, J.M. Benítez, E. Gibaja, *Proceedings of ISDA '11*, IEEE Press, Cordoba, Spain, 2011.

Special Issues

- [S1] F. Herrera, F. Marcelloni, V. Loia, Special Issue on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA 2009), *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, World Scientific, Guest Editors' Introduction, Vol 18, N. 4, 2010, pp. v-vi.
- [S2] José Manuel Benítez, Vincenzo Loia, Francesco Marcelloni, Special Issue on Advances in Intelligent Systems, *International Journal of Hybrid Intelligent Systems*, IOS Press, Guest Editors' Introduction, vol. 7, N. 4, 2010, p. 237.
- [S3] K. J. Cios, C. Romero, J.M. Benitez, F. Marcelloni, Special Issue on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA 2011), *Integrated Computer-Aided Engineering*, IOS Press, vol. 20, N. 3, 2013, pp. 199.
- [S4] F. Marcelloni, D. Puccinelli, A. Vecchio, Special Issue on "Sensing and Mobility in Pervasive Computing", *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, Springer, vol. 5, N. 3, pp. 263-264.

Riviste Internazionali

- [R1] B. Lazzerini, F. Marcelloni, L.M. Reyneri, "Beatrix: a self-learning system for off-line recognition of handwritten texts", *Pattern Recognition Letters*, vol. 18, n. 6, Elsevier, 1997, pp. 583-594.
- [R2] G. Frosini, B. Lazzerini, F. Marcelloni, "Performing automatic exams", *Computers & Education*, vol. 31, n. 3, Pergamon, 1998, pp. 281-300.
- [R3] B. Lazzerini, A. Maggiore, F. Marcelloni, "Classification of odour samples from a multisensor array using a new linguistic fuzzy method", *IEE Electronics Letters*, vol. 34, n. 23, IEE, 1998, pp. 2229-2231.
- [R4] G. Dini, F. Failli, B. Lazzerini, F. Marcelloni, "Generation of optimized assembly sequences using genetic algorithms", *Annals of the CIRP – Manufacturing Technology*, Hallwag Publ Ltd, Berne, Switzerland, downloadable from Elsevier, vol. 48, n. 1, 1999, pp. 17-20.
- [R5] B. Lazzerini, F. Marcelloni, "Assembly planning based on genetic algorithms", *International Journal of Knowledge-Based Intelligent Engineering Systems*, IOS Press, vol. 3, n. 4, 1999, pp. 200-204.

- [R6] B. Lazzerini, F. Marcelloni, "Some considerations on input and output partitions to produce meaningful conclusions in fuzzy inference", *Fuzzy Sets and Systems*, Elsevier, vol. 113, n. 2, 2000, pp. 221-235.
- [R7] B. Lazzerini, F. Marcelloni, "Reducing computation overhead in MISO fuzzy systems", *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 113, n. 3, Elsevier, 2000, pp. 485-496.
- [R8] B. Lazzerini, F. Marcelloni, "A linguistic fuzzy recogniser of off-line handwritten characters", *Pattern Recognition Letters*, Elsevier, vol. 21, n. 4, 2000, pp. 319-327.
- [R9] B. Lazzerini, F. Marcelloni, "Counteracting drift of olfactory sensors by appropriately selecting features", *IEE Electronics Letters*, vol. 36, n. 6, IEE, 2000, pp. 509-510.
- [R10] M. Aksit, F. Marcelloni, B. Tekinerdogan, "Developing object-oriented frameworks using domain models", *ACM Computing Surveys*, vol. 32, n. 1es, ACM, 2000, pp. 1-5.
- [R11] B. Lazzerini, F. Marcelloni, "A genetic algorithm for generating optimal assembly plans", *Artificial Intelligence in Engineering*, Elsevier, vol. 14, n. 4, 2000, pp. 319-329.
- [R12] D. Dumitrescu, B. Lazzerini, F. Marcelloni, "A fuzzy hierarchical classification system for olfactory signals", *Pattern Analysis and Applications*, Springer-Verlag, vol. 3, n. 4, 2000, pp. 325-334.
- [R13] F. Marcelloni, M. Aksit, "Improving object-oriented methods by using fuzzy logic", *ACM Applied Computing Review*, vol. 8, n. 2, 2000, pp. 14-23.
- [R14] M. Aksit, F. Marcelloni, "Deferring elimination of design alternatives in object-oriented methods", *Concurrency and Computation – Practice and Experience*, John Wiley & Sons, Inc., vol. 13, n. 14, 2001, pp. 1247-1279.
- [R15] B. Lazzerini, F. Marcelloni, "A fuzzy approach to 2-D shape recognition", *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 9, n. 1, 2001, pp. 5-16.
- [R16] F. Di Francesco, B. Lazzerini, F. Marcelloni, G. Pioggia, "An electronic nose for odour annoyance assessment", *Atmospheric Environment*, Pergamon, vol. 35, n. 7, 2001, pp. 1225-1234.
- [R17] B. Lazzerini, A. Maggiore, F. Marcelloni, "FROS: a fuzzy logic-based recogniser of olfactory signals", *Pattern Recognition*, Pergamon, vol. 34, n. 11, 2001, pp. 2215-2226.
- [R18] F. Marcelloni, "Recognition of olfactory signals based on supervised fuzzy c-means and k-NN algorithms", *Pattern Recognition Letters*, Elsevier, vol. 22, n. 9, 2001, pp. 1007-1019.
- [R19] F. Marcelloni, M. Aksit, "Leaving inconsistency using fuzzy logic", *Information and Software Technology*, Elsevier, vol. 43, n. 12, 2001, pp.725-741.
- [R20] B. Lazzerini, F. Marcelloni, "Feature selection based on similarity", *IEE Electronics Letters*, vol. 38, n. 3, 2002, pp. 121-122.
- [R21] B. Lazzerini, F. Marcelloni, "Classification based on neural similarity", *IEE Electronics Letters*, vol. 38, n. 15, 2002, pp. 810-812.
- [R22] F. Marcelloni, "Feature selection based on a modified fuzzy C-means algorithm with

supervision”, *Information Sciences*, Elsevier, vol. 151, 2003, pp. 201-226.

- [R23] F. Marcelloni, M. Aksit, “Fuzzy logic-based object-oriented methods to reduce quantization error and contextual bias problems in software development”, *Fuzzy Sets and Systems*, Elsevier, vol. 145, n. 1, 2004, pp. 57-80.
- [R24] P. Corsini, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “A fuzzy relational clustering algorithm based on a dissimilarity measure extracted from data,” *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part B*, vol. 34, n. 1, 2004, pp. 775-782.
- [R25] M. Cococcioni, G. Corsini, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Approaching the ocean color problem using fuzzy rules”, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part B*, vol. 34, n. 3, 2004, pp. 1360-1373.
- [R26] B. Lazzerini, F. Marcelloni, G. Marola, “Calibration of positron emission tomograph detector modules using a new neural method,” *IEE Electronics Letters*, vol. 40, n. 6, 2004, pp.360-361.
- [R27] P. Corsini, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “A new fuzzy relational clustering algorithm based on the fuzzy C-means algorithm”, *Soft Computing - A Fusion of Foundations, Methodologies and Applications*, Springer, vol. 9, n. 6, 2005, pp. 439-447.
- [R28] P. Corsini, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Combining supervised and unsupervised learning for data clustering,” *Neural Computing and Applications*, Springer Verlag, vol. 15, n. 3-4, 2006, pp. 289-297.
- [R29] P. Corsini, F. Marcelloni, “A fuzzy system for profiling Web portal users from Web access log”, *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, IOS Press, Vol. 17, n. 5, 2006, pp 503-516.
- [R30] M.G.C.A. Cimino, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “A novel approach to fuzzy clustering based on a dissimilarity relation extracted from data using a TS System”, *Pattern Recognition*, Elsevier, Vol. 39, n. 11, 2006, pp. 2077-2091.
- [R31] B. Lazzerini, F. Marcelloni, “A hierarchical fuzzy clustering-based system to create user profiles”, *Soft Computing - A Fusion of Foundations, Methodologies and Applications*, Springer Verlag, Vol. 11, n. 2, 2007, pp. 157-168.
- [R32] M. Cococcioni, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Estimating the concentration of optically active constituents of sea water by Takagi-Sugeno models with quadratic rule consequents”, *Pattern Recognition*, Elsevier, Vol. 40, n. 10, 2007, pp. 2846-2860.
- [R33] M. Cococcioni, P. Ducange, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “A Pareto-based multi-objective evolutionary approach to the identification of Mamdani fuzzy systems,” *Soft Computing - A Fusion of Foundations, Methodologies and Applications*, Springer Verlag, Vol. 11, n. 11, 2007, pp. 1013-1031.
- [R34] A. Bechini, M.G.C.A Cimino, F. Marcelloni, A. Tomasi, “Patterns and technologies for enabling supply chain traceability through collaborative e-business,” *Information and Software Technology*, Elsevier, Vol. 50, n. 4, 2008, 342-359.
- [R35] S. Croce, F. Marcelloni, M. Vecchio, “Reducing power consumption in wireless sensor networks using a novel approach to data aggregation,” *The Computer Journal*, Oxford University Press, Vol. 51, n. 2, 2008, pp. 227-239.

- [R36] A. Botta, B. Lazzerini, F. Marcelloni, "Context adaptation of Mamdani fuzzy rule-based systems", *International Journal of Intelligent Systems*, Wiley, Vol. 23, No. 4, 2008, pp. 397-418.
- [R37] F. Marcelloni, M. Vecchio, "A simple algorithm for data compression in wireless sensor networks", *IEEE Communications Letters*, IEEE, Vol. 12, n. 6, 2008, pp. 411-413.
- [R38] M. Cococcioni, G. Corsini, B. Lazzerini, F. Marcelloni, "Solving the ocean color inverse problem by using evolutionary multi-objective optimization of neuro-fuzzy systems", *International Journal of Knowledge-Based and Intelligent Engineering Systems*, IOS Press, Vol. 12, N. 5-6, 2008, pp. 339-355.
- [R39] A. Botta, B. Lazzerini, F. Marcelloni, D. Stefanescu, "Context adaptation of fuzzy systems through a multi-objective evolutionary approach based on a novel interpretability index", *Soft Computing - A Fusion of Foundations, Methodologies and Applications*, Springer Verlag, Vol. 13, N. 5, 2009, pp. 437-449.
- [R40] M.G.C.A. Cimino, W. Pedrycz, B. Lazzerini, F. Marcelloni, "Using multilayer perceptrons as receptive fields in the design of neural networks", *Neurocomputing*, Elsevier, Vol. 72, 2009, pp. 2536-2548.
- [R41] F. Marcelloni, Germano Resconi, Pietro Ducange, "Morphogenetic approach to system identification", *International Journal of Intelligent Systems*, Wiley, Vol. 24, 2009, pp. 955-975.
- [R42] F. Marcelloni, M. Vecchio, "An efficient lossless compression algorithm for tiny nodes of monitoring wireless sensor networks", *The Computer Journal*, Oxford University Press, Vol. 52, N. 8, 2009, pp. 969-987.
- [R43] R. Alcalà, P. Ducange, F. Herrera, B. Lazzerini and F. Marcelloni, "A multi-objective evolutionary approach to concurrently learn rule and data bases of linguistic fuzzy rule-based systems", *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, Vol. 17, No. 5, 2009, pp. 1106-1122.
- [R44] M. Antonelli, P. Ducange, B. Lazzerini, F. Marcelloni, "Learning Concurrently Partition Granularities and Rule Bases of Mamdani Fuzzy Systems in a Multi-Objective Evolutionary Framework", *International Journal of Approximate Reasoning*, Elsevier, Vol. 50, No. 7, 2009, pp. 1066-1080.
- [R45] M. Antonelli, P. Ducange, B. Lazzerini, F. Marcelloni, "Multi-objective Evolutionary Learning of Granularity, Membership Function Parameters and Rules of Mamdani Fuzzy Systems", *Evolutionary Intelligence*, Springer, vol. 2, N. 1-2, 2009, pp. 21-37.
- [R46] P. Ducange, B. Lazzerini, F. Marcelloni, "Multi-objective Genetic Fuzzy Classifiers for Imbalanced and Cost-sensitive Datasets", *Soft Computing - A Fusion of Foundations, Methodologies and Applications*, Springer, vol. 14, N. 10, 2010, pp. 713-728.
- [R47] B. Lazzerini, F. Marcelloni, M. Vecchio, "A Multi-Objective Evolutionary Approach to Image Quality/Compression Trade-Off in JPEG Baseline Algorithm", *Applied Soft Computing*, Elsevier, vol. 10, 2010, pp. 548-561.
- [R48] F. Marcelloni, M. Vecchio, "Enabling Energy-Efficient and Lossy-Aware Data

Compression in Wireless Sensor Networks By Multi-Objective Evolutionary Optimization”, *Information Sciences*, vol. 180, pp. 1924-1941, 2010.

- [R49] A. Ciaramella, M.G.C.A. Cimino, B. Lazzerini and F. Marcelloni, “A Situation-Aware Resource Recommender based on Fuzzy and Semantic Web Rules,” *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, World Scientific, Vol. 18, N. 4, 2010, pp. 411-430.
- [R50] F. Marcelloni, M. Vecchio, “A Two-Objective Evolutionary Approach to Design Lossy Compression Algorithms for Tiny Nodes of Wireless Sensor Networks”, *Evolutionary Intelligence*, Springer, Vol. 3, N. 3-4, 2010, pp. 137-153.
- [R51] G. Bombara, M. Cococcioni, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “S-NNLS: an Efficient Non-Negative Least Squares Algorithm for Sequential Data”, *International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering*, Wiley, vol. 27, N. 5, 2011, pp. 770-773.
- [R52] M. Cococcioni, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “On Reducing Computational Overhead in Multi-Objective Genetic Takagi-Sugeno Fuzzy Systems”, *Applied Soft Computing*, Elsevier, Vol. 11, N. 1, 2011, pp. 675-688.
- [R53] M. Antonelli, P. Ducange, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Learning Concurrently Data and Rule Bases of Mamdani Fuzzy Rule-based Systems by Exploiting a Novel Interpretability Index,” *Soft Computing - A Fusion of Foundations, Methodologies and Applications*, Springer, Vol. 15, 2011, pp. 1981-1998.
- [R54] M. Antonelli, P. Ducange, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Learning Knowledge Bases of Multi-Objective Evolutionary Fuzzy Systems by Simultaneously Optimizing Accuracy, Complexity and Partition Integrity”, *Soft Computing - A Fusion of Foundations, Methodologies and Applications*, Springer, Vol. 15, N. 12, 2011, pp. 2335-2354.
- [R55] M.G.C.A. Cimino, F. Marcelloni, “Autonomic Tracing of Production Processes with Mobile and Agent-based Computing”, *Information Sciences*, Elsevier, Vol. 181, 2011, pp. 935-953.
- [R56] M. Antonelli, M. Cococcioni, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Computer-Aided Detection of Lung Nodules based on Decision Fusion Techniques,” *Pattern Analysis and Applications*, Vol. 14, 2011, pp. 295-310.
- [R57] M. Vecchio, R. López Valcarce, F. Marcelloni, “A Two-Objective Evolutionary Approach based on Topological Constraints for Node Localization in Wireless Sensor Networks”, *Applied Soft Computing*, Elsevier, Vol. 12, N. 7, 2012, pp. 1891-1901.
- [R58] M. Antonelli, P. Ducange, F. Marcelloni, “Genetic Training Instance Selection in Multi-Objective Evolutionary Fuzzy Systems: A Co-evolutionary Approach,” *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, Vol. 20, N. 2, 2012, pp. 276-290.
- [R59] M.G.C.A. Cimino, B. Lazzerini, F. Marcelloni, A. Ciaramella, “An Adaptive Rule-Based Approach for Managing Situation-Awareness,” *Expert Systems with Applications*, Elsevier, Vol. 39, N. 12, 2012, pp. 10796-10811.
- [R60] M.G.C.A. Cimino, F. Marcelloni, “An Efficient Model-Based Methodology for

Developing Device-Independent Mobile Applications,” *Journal of Systems Architecture*, Elsevier, Vol. 58, 2012, pp. 286-304.

- [R61] G. Castellano, M.G.C.A. Cimino, A.M. Fanelli, B. Lazzerini, F. Marcelloni, M.A. Torsello, “A Collaborative Situation-Aware Scheme based on an Emergent Paradigm for Mobile Resource Recommenders,” *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, Springer, Vol. 4, N. 4, 2013, pp. 421-437, DOI: 10.1007/s12652-012-0126-y.
- [R62] M. Antonelli, P. Ducange, F. Marcelloni, "An Efficient Multi-Objective Evolutionary Fuzzy System for Regression Problems", *International Journal of Approximate Reasoning*, Elsevier, Vol. 54, N. 9, 2013, pp. 1434-1451.
- [R63] M. Fazzolari, B. Giglio, R. Alcalà, F. Marcelloni, F. Herrera, “A study on the Application of Instance Selection Techniques in Genetic Fuzzy Rule-Based Classification Systems: Accuracy-Complexity Trade-Off”, *Knowledge-Based Systems*, Vol. 54, 2013, pp. 32-41.
- [R64] M.G.C.A. Cimino, B. Lazzerini, F. Marcelloni, W. Pedrycz, “Genetic Interval Neural Networks for Granular Data Regression”, *Information Sciences*, Vol. 257, 2014, pp. 313-330.
- [R65] G. Castellano, M.G.C.A. Cimino, A.M. Fanelli, B. Lazzerini, F. Marcelloni, M.A. Torsello, "A multi-agent system for enabling collaborative situation awareness via position-based stigmergy and neuro-fuzzy learning", *Neurocomputing*, Elsevier, Vol. 135, 2014, pp. 86-97.
- [R66] M. Vecchio, R. Giaffreda, F. Marcelloni, “Adaptive Lossless Entropy Compressors for Tiny IoT Devices”, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, Vol. 13, N.2 2014, pp. 1088-1100.
- [R67] P. Ducange, F. Marcelloni, M. Antonelli, “A Novel Approach based on Finite State Machines with Fuzzy Transitions for Non-Intrusive Home Appliance Monitoring,” *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Vol. 10, N. 2, 2014, pp. 1185-1197.
- [R68] M. Antonelli, P. Ducange, F. Marcelloni, “An Experimental Study on Evolutionary Fuzzy Classifiers Designed for Managing Imbalanced Datasets,” *Neurocomputing*, Elsevier, Vol. 146, pp. 125-136.
- [R69] M. Antonelli, P. Ducange, F. Marcelloni, “A Fast and Efficient Multi-Objective Evolutionary Learning Scheme for Fuzzy Rule-based Classifiers,” *Information Sciences*, Vol. 283, pp. 36-54.
- [R70] G. Anastasi, P. Bruschi, F. Marcelloni, “‘U-Sense’, A Cooperative Sensing System for Monitoring Air Quality in Urban Areas”, *ERCIM News*, ISSN 0926-4981, July 2014, No. 98, pp.34-35.
- [R71] M. Antonelli, P. Ducange, F. Marcelloni, A. Segatori, “A Novel Associative Classification Model based on a Fuzzy Frequent Pattern Mining Algorithm,” *Expert Systems with Applications*, in pubblicazione.
- [R72] E. D’Andrea, P. Ducange, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Real-Time Detection of Traffic from Twitter Stream Analysis,” *Transactions on Intelligent Transportation Systems*, accepted for publication, DOI 10.1109/TITS.2015.2404431.

- [R73] M. Antonelli, P. Ducange, F. Marcelloni, A. Segatori, “On the Influence of Feature Selection in Fuzzy Rule-based Regression Model Generation,” *Information Sciences*, Elsevier, Vol. 329, 2016, DOI:10.1016/j.ins.2015.09.045, pp. 649-669.
- [R74] M. Antonelli, P. Ducange, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Multi-Objective Evolutionary Design of Granular Rule-based Classifiers,” *Granular Computing*, Springer, Vol. 1, No. 1, 2016, pp. 37-58.
- [R75] A. Bechini, F. Marcelloni, A. Segatori, “A MapReduce Solution for Associative Classification of Big Data,” *Information Sciences*, Elsevier, Vol. 332, 2016, DOI: 10.1016/j.ins.2015.10.041, pp. 33-55.
- [R76] M. Antonelli, D. Bernardo, H. Hagrass, F. Marcelloni, “Multi-Objective Evolutionary Optimization of Type-2 Fuzzy Rule-based Systems for Financial Data Classification,” *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, DOI: 10.1109/TFUZZ.2016.2578341, Vol. 25, N. 2, 2017, pp. 249-264.
- [R77] A. Segatori, F. Marcelloni, W. Pedrycz, “On Distributed Fuzzy Decision Trees for Big Data”, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, DOI: 10.1109/TFUZZ.2016.2646746, vol. 26. N. 1, 2018, pp. 174-192.
- [R78] E. D’Andrea, F. Macelloni, “Detection of traffic congestion and incidents from GPS trace analysis,” *Expert Systems With Applications*, Elsevier, Vol. 73, 2017, pp. 43–56.
- [R79] A. Ferranti, F. Marcelloni, A. Segatori, M. Antonelli, P. Ducange, “A Distributed Approach to Multi-Objective Evolutionary Generation of Fuzzy Rule-based Classifiers from Big Data”, *Information Sciences*, Elsevier, Volumes 415–416, November 2017, pp. 319–340, DOI: 10.1016/j.ins.2017.06.039.
- [R80] A. Segatori, A. Bechini, P. Ducange, F. Marcelloni, “A Distributed Fuzzy Associative Classifier for Big Data”, *IEEE Transactions on Cybernetics*, IEEE, accepted for publication.
- [R81] J. Cozar, F. Marcelloni, J. A. Gamez, L. de la Ossa. “Building Efficient Fuzzy Regression Trees for Large Scale and High Dimensional Problems,” *Journal of Big Data*, Springer, Vol. 5, N. 49, 2018, DOI: 10.1186/s40537-018-0159-y.
- [R82] E. D’Andrea, P. Ducange, A. Bechini, A. Renda, Francesco Marcelloni, “Monitoring the Public Opinion about the Vaccination Topic from Tweets Analysis”, *Expert Systems with Applications*, Elsevier, Vol. 116, 2019, pp. 209-226, DOI: 10.1016/j.eswa.2018.09.009.
- [R83] A. Fernandez, M. J. del Jesus, O. Cordon, F. Marcelloni, and F. Herrera, “Evolutionary Fuzzy Systems for Explainable Artificial Intelligence: Why, When, What for, and Where to?”, *IEEE Computational Intelligence Magazine*, Vol. 14, N. 1, 2019, pp. 69-81.
- [R84] M. Barsacchi, A. Bechini, P. Ducange, F. Marcelloni, “Optimizing partition granularity, membership function parameters, and rule bases of fuzzy classifiers for Big Data by a multi-objective evolutionary approach”, *Cognitive Computation*, Springer, Vol. 11, N. 3, June 2019, pp. 367-387, DOI: 10.1007/s12559-018-9613-6.
- [R85] E. D’Andrea, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “A System for Multi-passenger Urban

Ridesharing Recommendations with Ordered Multiple Stops”, *The Computer Journal*, accepted for publication.

- [R86] A. Bondielli, F. Marcelloni, “A Survey on Fake News and Rumour Detection Techniques”, *Information Sciences*, Elsevier, Vol. 497, September 2019, pp. 38-55, DOI: 10.1016/j.ins.2019.05.035.
- [R87] A. Renda, M. Barsacchi, A. Bechini, F. Marcelloni, “Comparing Ensemble Strategies for Deep Learning: An Application to Facial Expression Recognition”, *Expert Systems with Applications*, Elsevier, Vol. 136, Dec. 2019, pp.1-11, DOI: 10.1016/j.eswa.2019.06.025.
- [R88] L. Tavoschi, F. Quattrone, E. D’Andrea, P. Ducange, M. Vabanesi, F. Marcelloni, P. L. Lopalco, “Twitter as a sentinel tool to monitor public opinion on vaccination: an opinion mining analysis from September 2016 to August 2017 in Italy”, *Human Vaccines & Immunotherapeutics*, Taylor & Francis on-line, Vol. 16 N. 8, 2020.
- [R89] P. Ducange, M. Fazzolari, F. Marcelloni, “An Overview of Recent Distributed Algorithms for Learning Fuzzy Models in Big Data Classification”, *Journal of Big Data*, Springer, Vol. 7, N. 19, pp. 1.29, DOI: 10.1186/s40537-020-00298-6.
- [R90] M. Barsacchi, A. Bechini, F. Marcelloni. “An Analysis of Boosted Ensembles of Binary Fuzzy Decision Trees”, *Expert Systems with Applications*, Vol. 154, 10.1016/j.eswa.2020.113436.

Capitoli di libri internazionali

- [CL1] M. Aksit, B. Tekinerdogan, F. Marcelloni, L. Bergmans, “Deriving frameworks from domain knowledge”, in: *Building Application Frameworks: Object-Oriented Foundations of Framework Design*, M. E. Fayad, D. C. Schmidt e R E. Johnson, Eds., John Wiley & Sons, Inc., 1999, pp. 169-198.
- [CL2] B. Lazzerini, F. Marcelloni, L.M. Reyneri, “A neuro-fuzzy system for off-line recognition of handwritten texts”, in: *Recent Research Developments in Pattern Recognition*, Vol. 1, Transworld Research Network, Kerala, India, 2000, pp. 199-218.
- [CL3] G. Tselentis, F. Marcelloni, T. Martin, L.Sensi, “Odour Classification based on Computational Intelligence Techniques”, in: *Advances in Computational Intelligence and Learning, Methods and Applications*, H-J. Zimmermann, G. Tselentis, M. van Someren, G. Dounias, Eds., International Series in Intelligent Technologies, Kluwer Academic Publishers, pp. 383-399, 2002.
- [CL4] F. Marcelloni, M.Aksit, “Automating Software Development Process Using Fuzzy Logic”, in: *Soft Computing in Software Engineering*, E. Damiani, L. Jain, M. Madravio (Eds), Springer-Verlag, Collana: Studies in Fuzziness and Soft Computing, Vo. 159, pp. 97-124, 2004.
- [CL5] M.G.C.A. Cimino, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Fuzzy clustering based on dissimilarity relations extracted from data”, J. V. de Oliveira, W. Pedrycz (Eds), *Advances in Fuzzy Clustering and Its Applications*, John Wiley and Sons, Chichester, England, 2007, pp. 265-283.
- [CL6] M. Cococcioni, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Towards Efficient Multi-objective

Genetic Takagi-Sugeno Fuzzy Systems for High Dimensional Problems”, Computational Intelligence in Expensive Optimization Problems, Springer Series Studies in Evolutionary Learning and Optimization (ELO), Springer-Verlag, 2010, pp. 397-422.

- [CL7] F. Marcelloni, M. Vecchio, “Enabling compression in tiny wireless sensor nodes”, Wireless Sensor Networks, Suraiya Tarannum (Ed.), ISBN: 978-953-307-325-5, I-Tech Education and Publishing KG, Kirchengasse 43/3, 1070 Vienna, Austria, EU, 2011, pp. 1-20.
- [CL8] M.G.C.A. Cimino, F. Marcelloni, “Enabling traceability in the wine supply chain”, Methodologies and Technologies for Networked Enterprises, Springer Service Science series, New York, NY, vol. 7200, 2012, pp. 433-449.
- [CL9] F. Marcelloni, M. Vecchio, “Exploiting Multi-Objective Evolutionary Algorithms for Designing Energy-efficient Solutions to Data Compression and Node Localization in Wireless Sensor Networks,” in Evolutionary based solutions for green computing, Studies in Computational Intelligence, Springer, New York, NY, Vol. 432, 2013, pp. 227-255.
- [CL10] A. Bechini, F. Marcelloni, A. Segatori, “Low-Effort Support to Efficient Urban Parking in a Smart City Perspective”, in Advances onto the Internet of Things, Advances in Intelligent Systems and Computing Series, Springer, Vol. 260, 2014, pp 233-252.
- [CL11] M. Antonelli, P. Ducange, F. Marcelloni, “Multi-objective Evolutionary Design of Fuzzy Rule-based Systems”, Handbook on Computational Intelligence, Edited by P. Angelov, World Scientific, 2016, pp. 627-662.

Riviste Nazionali

- [RN1] G. Frosini, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Un sistema esperto per la gestione degli allarmi”, *Rivista di Informatica*, vol. XXIV, n. 1, Gennaio-Marzo 1994, pp. 43-60.
- [RN2] B. Lazzerini, F. Marcelloni, L.M. Reyneri, “Integrazione di tecniche neuronali e di analisi del contesto per il riconoscimento automatico del testo manoscritto”, *Rivista di Informatica*, vol. XXVIII, n. 1, Gennaio-Aprile, 1998, pp. 55-73.

Libri

- [L1] G. Frosini, F. Marcelloni, *Regole di corrispondenza Assembler-C++*, ETS, 1999.
- [L2] G. Frosini, F. Marcelloni, *Calcolatori Elettronici - Volume III - Regole di Corrispondenza tra C++ e Assembler*, ETS, 2002.

Capitoli di libri nazionali

- [CLI1] M. Cococcioni, G. Corsini, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “On the use of neural networks and fuzzy rules in the ocean colour analysis”, in *Analysis and Classification of Remotely Sensed Hyperspectral Images*, pp. 89-107, ETS, Pisa, 2004.

Monografie

- [M1] F. Marcelloni, *Guida all'uso di Advisor-2*, Servizio Editoriale Universitario di Pisa, Pisa, Gennaio 1995.
- [M2] P. Corsini, L. De Dosso, B. Lazzerini, F. Marcelloni, "Note sugli insiemi Fuzzy e sugli algoritmi di Clustering", Servizio Editoriale Universitario di Pisa, Pisa, Gennaio 2003.
- [M3] M.G.C.A. Cimino, F. Marcelloni, "INNO.PRO.MODA: innovazione progettazione qualità e tracciabilità per il sistema moda", ed. Pacini, Pisa 2008.
- [M4] M.G.C.A. Cimino, F. Consigli, C. Di Sacco, R. Giannotti, P. Lanari, F. Marcelloni, "TRA.S.P: tracce sulla pelle", ed. La Lastra, Firenze 2009.

Congressi Internazionali

- [C1] G. Frosini, B. Lazzerini, F. Marcelloni, "A tool for building expert systems which carry out academic exams", *Proceedings of AI-ED 93 World Conference on Artificial Intelligence in Education*, Edinburgo, Scozia, 23-27 Agosto 1993, pp. 298-305.
- [C2] G. Frosini, B. Lazzerini, F. Marcelloni, "Processing alarms with a rule-based expert system", *Proceedings of EWAIC '93 East-West Conference on Artificial Intelligence*, Mosca, Russia, 7-9 Settembre 1993, pp. 268-272.
- [C3] A. Belkhelladi, B. Lazzerini, F. Marcelloni, "A new approach to modularization of large object-oriented systems", *Proceeding of Joint Modular Languages Conference*, Ulm, Germany, 28-30 Settembre 1994, pp. 421-430.
- [C4] F. Marcelloni, A. Maggiore, "The molecule-oriented language MOL", *Proceeding of Gronics '95*, Groningen, Paesi Bassi, 24 Febbraio 1995, pp. 11-18.
- [C5] A. Belkhelladi, B. Lazzerini, A. Maggiore, F. Marcelloni, "Improving reusability in object-oriented programming: The Molecole", *Proceedings of Thirteenth IASTED Int. Conf. on Applied Informatics*, Innsbruck, Austria, 21-23 Febbraio 1995, pp. 421-424.
- [C6] A. Belkhelladi, B. Lazzerini, A. Maggiore, F. Marcelloni, "Molecule-oriented design", in: *New Computing Techniques in Physics Research IV, World Scientific, Proceedings of the Fourth International Workshop on Software Engineering Artificial Intelligence and Expert Systems for High Energy and Nuclear Physics*, Pisa, 3-8 Aprile, 1995, pp. 95-100.
- [C7] A. Belkhelladi, B. Lazzerini, A. Maggiore, F. Marcelloni, "Molecules as buiding blocks", *Proceedings of EUROMICRO 95*, Como, Italia, 4-7 Settembre 1995, IEEE Press, pp. 564-571.
- [C8] F. Marcelloni, "On inferring reasonable conclusions for fuzzy reasoning with multiple rules", *IPMU '96 - Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems*, Granada, Spagna, Luglio 1-5, 1996, pp. 1351-1356.
- [C9] B. Lazzerini, F. Marcelloni, "Reasonable conclusions in fuzzy reasoning", *IEEE Eighth International Conference on Tools for Artificial Intelligence*, Toulouse, France, 16-19 November 1996, IEEE Press, pp. 440-442.

- [C10] B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Improving performance of MISO fuzzy systems”, *Second International ICSC Symposium on Fuzzy Logic and Applications ISFL'97*, Zurich, Switzerland, 12-14 Febbraio, 1997, pp. 82-88.
- [C11] F. Marcelloni, M. Aksit, “Applying fuzzy logic techniques in object-oriented software development”, Jyväskylä, Finland, 9 – 13 June, 1997, in: *ECOOP'97 Workshop Reader*, Lecture Notes in Computer Science 1357, Springer Verlag, pp. 295-298.
- [C12] M. Aksit, F. Marcelloni, B. Tekinerdogan, K. van den Berg, P. van den Broek, “Active software artifacts”, Jyväskylä, Finland, 9 – 13 June, 1997, in: *ECOOP'97 Workshop Reader*, Lecture Notes in Computer Science 1357, Springer Verlag, pp. 307-310.
- [C13] G. Frosini, B. Lazzerini, A. Maggiore, F. Marcelloni, “A fuzzy classification based system for handwritten character recognition”, *KES'98*, Adelaide, IEEE Press, 21-23 Aprile, 1998, pp. 61-65.
- [C14] F. Di Francesco, B. Lazzerini, A. Maggiore, F. Marcelloni, D. De Rossi, “Electronic nose based on linguistic fuzzy classification”, *EUFIT'98*, Aachen, Germania, 7-10 Settembre, 1998, pp. 1211-1215.
- [C15] D. Dumitrescu, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “A fuzzy hierarchical approach to odour classification”, *Workshop on Virtual Intelligence - Dynamic Neural Networks*, KTH Stockholm, Sweden, SPIE Proceedings Series, Vol. 3728, 22-26 Giugno, 1998, pp. 384-395.
- [C16] B. Lazzerini, F. Marcelloni, G. Dini, F. Failli, “Assembly planning based on genetic algorithms”, *NAFIPS'99*, New York, IEEE Press, 10-12 Giugno, 1999, pp. 482-486.
- [C17] B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Fuzzy classification of handwritten characters”, *NAFIPS'99*, New York, IEEE Press, 10-12 Giugno, 1999, pp. 566-570.
- [C18] F. Marcelloni, M. Aksit, “Reducing quantization error and contextual bias problems in software development processes by applying fuzzy logic”, *NAFIPS'99*, New York, IEEE Press, 10-12 Giugno, 1999, pp. 268-272.
- [C19] B. Lazzerini, A. Maggiore, F. Marcelloni, “A new linguistic fuzzy approach to recognition of olfactory signals”, *1999 International Joint Conference on Neural Networks*, Washington, IEEE Press, 10-16 Luglio, 1999, pp. 3225-3229.
- [C20] D. Dumitrescu, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Olfactory signal classification based on evolutionary programming”, *1999 International Joint Conference on Neural Networks*, Washington, IEEE Press, 10-16 Luglio, 1999, pp. 313-316.
- [C21] F. Di Francesco, B. Lazzerini, F. Marcelloni, G. Pioggia, “Sniffer: An electronic nose”, *KES'99*, Adelaide, IEEE Press, 31 Agosto – 1 Settembre, 1999, pp. 195-198.
- [C22] G. Tselentis, F. Marcelloni, T. P. Martin, L. Sensi, “Odour classification based on computational intelligence techniques”, *COIL'2000 – Symposium on Computational Intelligence and Learning*, Chios, Grecia, 22-23 June, 2000, pp. 178-189.
- [C23] G. Frosini, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “A modified fuzzy C-means algorithm for feature selection”, *NAFIPS'2000*, Atlanta, IEEE Press, 13-15 Luglio, 2000, pp. 148-152.

- [C24] B. Lazzerini, F. Marcelloni, L.M. Reyneri, “Neuro-fuzzy off-line recognition of handwritten sentences”, *KES'2000*, Brighton, IEEE Press, 30 Agosto – 1 Settembre, 2000, pp. 440-443.
- [C25] A. Cremoncini, F. Di Francesco, B. Lazzerini, F. Marcelloni, T. Martin, S.A.McCoy, L. Sensi, G. Tselentis, “Electronic noses using "intelligent" processing techniques”, *ISOEN 2000*, 7th International Symposium on Olfaction & Electronic Nose, Brighton, UK, 20-24 Luglio 2000, pp. 94-99.
- [C26] F. Marcelloni, “Delaying inconsistency resolution using fuzzy logic”, Workshop on Softcomputing applied to Software Engineering (*SCASE-01*), Enschede, 8-9 Febbraio, 2001, pp.1-8.
- [C27] B. Lazzerini, F. Marcelloni, V. La Rosa, “Combining context, statistics and fuzzy modelling for automatic recognition of handwritten sentences”, *KES'2001*, 6-8 September, Osaka, Giappone, 2001, pp. 1595-1599.
- [C28] M. Cococcioni, G. Frosini, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “A new approach to combining outputs of multiple classifiers”, *NAFIPS 2002*, New Orleans, IEEE Press, 27-29 June, 2002, pp. 400 –405.
- [C29] M. Cococcioni, G. Corsini, M. Diani, R. Grasso, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Automatic extraction of fuzzy rules from Meris data to identify sea water optically active constituent concentration”, *NAFIPS 2002*, New Orleans, IEEE Press, 27-29 June, 2002, pp. 546 –551.
- [C30] G. Corsini, M. Diani, R. Grasso, B. Lazzerini, F. Marcelloni, M. Cococcioni, “A fuzzy model for the retrieval of the sea water optically active constituents concentration from MERIS data”, *IGARSS '02*, Toronto, Canada, IEEE Press, vol. 1, 24-28 June, 2002, pp. 98-100.
- [C31] P. Corsini, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Clustering based on a dissimilarity measure derived from data”, *KES 2002*, IOS Press, Crema, Italia, 16-18 Settembre, 2002, pp. 885-889.
- [C32] B. Lazzerini, F. Marcelloni, “k-NN algorithm based on neural similarity”, *IEEE International Conference on Artificial Intelligence Systems*, Gelendgik, Black Sea Coast, Russia, IEEE Computer Press, 5-10 September, 2002, pp. 67-70.
- [C33] M. Cococcioni, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Second-order Takagi-Sugeno model to identify sea water optically active constituent concentrations from Meris data”, *International Fuzzy Systems Association Worlds Congress (IFSA 2003)*, Istanbul, Turchia, 29 Giugno – 2 Luglio, 2003, pp. 208-211.
- [C34] P. Corsini, L. De Dosso, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Relational clustering starting from non-Euclidean dissimilarity relations”, *International Fuzzy Systems Association Worlds Congress (IFSA 2003)*, Istanbul, Turchia, 29 Giugno – 2 Luglio, 2003, pp. 212-215.
- [C35] M. Cococcioni, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “An artificial olfactory system for quality and geographical discrimination of olive oils”, *KES 2003*, Springer Verlag, University of Oxford, Gran Bretagna, 3-5 Settembre, 2003, LNAI 2774, pp. 647-653.
- [C36] P. Corsini, L. De Dosso, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “A system based on a modified

version of the FCM algorithm for profiling Web users from access log”, *EUSFLAT 2003*, Zittau, Germania, 10-12 Settembre, 2003, pp. 725-729.

- [C37] B. Lazzerini, F. Marcelloni, M. Cococcioni, “A system based on hierarchical fuzzy clustering for web users profiling”, *IEEE SMC 2003*, IEEE, Washington, USA, 5-8 Ottobre, 2003, pp. 1995-2000.
- [C38] M.G.C.A. Cimino, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Relational clustering based on a dissimilarity relation extracted from data by a TS model”, *IEEE SMC 2003*, IEEE, Washington, USA, 5-8 Ottobre, 2003, pp. 3194-3199.
- [C39] B. Lazzerini, F. Marcelloni, G. Marola, S. Galigani, “Neural network-based calibration of positron emission tomograph detector modules”, *ESANN'2004*, Bruges (Belgium), 28-30 April, 2004, pp. 269-274.
- [C40] M.G.C.A. Cimino, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “A novel approach to robust fuzzy clustering of relational data, *NAFIPS 2004*, Banff, Canada, IEEE Press, 27-30 Giugno, 2004, pp. 90-94.
- [C41] M. Cococcioni, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “A TSK fuzzy model for combining outputs of multiple classifiers”, *NAFIPS 2004*, Banff, Canada, IEEE Press, 27-30 Giugno, 2004, pp. 871-875.
- [C42] M.G.C.A. Cimino, G. Frosini, B. Lazzerini, F. Marcelloni, "On the noise distance in robust fuzzy C-means", *International Conference On Computational Intelligence*, Istanbul, Turkey, 17-19 December 2004, pp. 361-364.
- [C43] M. Antonelli, G. Frosini, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Lung nodule detection in CT scans”, *International Conference On Computational Intelligence*, Istanbul, Turkey, 17-19 December 2004, pp. 365-368.
- [C44] A. Bechini, M.G.C.A. Cimino, B. Lazzerini, F. Marcelloni, A. Tomasi, “A general framework for food traceability”, *The 2005 International Symposium on Applications and the Internet*, IEEE Press, Trento, ITALY, 31 January - 4 February 2005, pp. 366-369.
- [C45] M. Antonelli, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Segmentation and reconstruction of the lung volume in CT images”, *20th Annual ACM Symposium on Applied Computing*, ACM Press, Santa Fe, New Mexico, 13 –17 March, 2005, pp. 255-259.
- [C46] M.G.C.A. Cimino, B. Lazzerini, F. Marcelloni, A. Tomasi, “Cerere: an information system supporting traceability in the food supply chain”, *The First IEEE International Workshop on Service oriented Solutions for Cooperative Organizations (SoS4CO '05)*, IEEE CEC 2005, Munich, Germany, July 19, 2005, pp. 90-98.
- [C47] A. Botta, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Integrating service-oriented technologies to support business processes”, *The First IEEE International Workshop on Service oriented Solutions for Cooperative Organizations (SoS4CO '05)*, IEEE CEC 2005, Munich, Germany, July 19, 2005, pp. 37-42.
- [C48] M. Cococcioni, P. Ducange, B. Lazzerini, F. Marcelloni, M. Vecchio, “Identification of Mamdani Fuzzy Systems based on a Multi-Objective Genetic Algorithm”, *AI*IA 2005 Workshop on Evolutionary Computation*, Milano, September 20, 2005, pp. 1-10.

- [C49] M. Cococcioni, P. Guasqui, B. Lazzerini, F. Marcelloni, "Identification of Takagi-Sugeno Fuzzy Systems based on Multi-Objective Genetic Algorithms", *International Workshop on Fuzzy Logic and Applications*, Crema, Italy, 15-17 September 2005, Lecture Notes in Artificial Intelligence 3849, Springer, pp. 172-177.
- [C50] M. Antonelli, G. Frosini, B. Lazzerini, F. Marcelloni "Automated Detection of Pulmonary Nodules in CT Scans", *CIMCA 2005*, Vienna, Austria, 28-30 November 2005, IEEE, vol. 2, pp. 799-803.
- [C51] A. Botta, B. Lazzerini, F. Marcelloni, "New Operators for Context Adaptation of Mamdani Fuzzy Systems", *7th International FLINS Conference on Applied Artificial Intelligence, Applied Artificial Intelligence*, World Scientific, Genova, Italy, 29-31 August, 2006, pp. 35-42.
- [C52] A. Botta, B. Lazzerini, F. Marcelloni, "Context Adaptation of Mamdani Fuzzy Systems through New Operators Tuned by a Genetic Algorithm", *IEEE World Congress on Computation Intelligence*, IEEE, Vancouver, Canada, 16-21 July, 2006, pp. 7832-7839.
- [C53] M. Antonelli, G. Frosini, B. Lazzerini and F. Marcelloni, "A CAD System for Lung Nodule Detection based on an Anatomical Model and a Fuzzy Neural Network", *NAFIPS 2006*, IEEE, Montreal, Canada, 3-6 June, 2006, pp. 469-474.
- [C54] M. Cococcioni, P. Ducange, B. Lazzerini and F. Marcelloni, "A Comparison of Multi-Objective Evolutionary Algorithms in Fuzzy Rule-Based Systems Generation", *NAFIPS 2006*, IEEE, Montreal, Canada, 3-6 June, 2006, pp. 463-468.
- [C55] B. Lazzerini, F. Marcelloni, M. Vecchio, S. Croce, E. Monaldi, "A Fuzzy Approach to Data Aggregation to Reduce Power Consumption in Wireless Sensor Networks", *NAFIPS 2006*, IEEE, Montreal, Canada, 3-6 June, 2006, pp. 457-462.
- [C56] A. Botta, B. Lazzerini, F. Marcelloni, D. Stefanescu, "Exploiting fuzzy ordering relations to preserve interpretability in context adaptation of fuzzy systems", *FUZZ-IEEE 2007*, IEEE, London, Imperial College, London, UK, 23-26 July, 2007, pp. 1137-1142.
- [C57] M. Cococcioni, P. Ducange, B. Lazzerini, F. Marcelloni, "Evolutionary multi-objective optimization of fuzzy rule-based classifiers in the ROC space", *FUZZ-IEEE 2007*, IEEE, London, Imperial College, London, UK, 23-26 July, 2007, pp. 782-787.
- [C58] M. Antonelli, M. Cococcioni, G. Frosini, B. Lazzerini, F. Marcelloni, "Modelling a Team of Radiologists for Lung Nodule Detection in CT Scans", *KES 2007*, Lecture Notes in AI 4692, Springer-Verlag, Vietri sul Mare, Italy, 12-14 September, 2007, pp. 303-310.
- [C59] M. Cococcioni, P. Ducange, B. Lazzerini and F. Marcelloni, "A New Multi-Objective Evolutionary Algorithm based on Convex Hull for Binary Classifier Optimization", *IEEE Congress on Computational Intelligence (CEC)*, IEEE, Singapore, 25-28 September, 2007, pp. 3150-3156.
- [C60] A. Botta, B. Lazzerini, F. Marcelloni and D. Stefanescu, "A Survey of Approaches to Context Adaptation of Fuzzy Systems", *The 10th IASTED International Conference on Intelligent Systems and Control ISC 2007*, Cambridge, Massachusetts, USA, 19 – 21 November, 2007.

- [C61] M. Antonelli, M. Cococcioni, B. Lazzerini, F. Marcelloni, D. Stefanescu, “A multi-classifier system for pulmonary nodule classification”, *The 21th IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems*, IEEE, Jyväskylä, Finland, 17-19 June, 2008, pp. 587-589.
- [C62] A. Botta, P. Ducange, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “A Multi-Objective Cooperative Coevolutionary Approach to Mamdani Fuzzy System Generation”, *IPMU 2008*, Malaga, 22-27 June, 2008, pp. 1143-1150.
- [C63] P. Ducange, R. Alcalà, F. Herrera, B. Lazzerini and F. Marcelloni, “Knowledge Base Learning of Linguistic Fuzzy Rule-Based Systems in a Multi-objective Evolutionary Framework”, *The 3rd International Workshop on Hybrid Artificial Intelligence Systems*, Springer, Lecture notes in Computer Science, vol. 5271, Burgos, Spain, 24-26 September, 2008, pp. 747-754.
- [C64] M. Cococcioni, L. Foschini, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Complexity Reduction of Mamdani Fuzzy Systems through Multi-valued Logic Minimization”, *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC 2008)*, IEEE, Singapore, 12-15 October, 2008, pp. 1782-1787.
- [C65] M. Antonelli, P. Ducange, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “A Multi-objective Genetic Approach to Concurrently Learn Partition Granularity and Rule Bases of Mamdani Fuzzy Systems”, *8th International Conference on Hybrid Intelligent Systems*, IEEE, Barcelona, Spain, 10-12 September, 2008, pp. 278-283.
- [C66] M. Cococcioni, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Fast Multiobjective Genetic Rule Learning Using an Efficient Method for Takagi-Sugeno Fuzzy Systems Identification”, *8th International Conference on Hybrid Intelligent Systems*, IEEE, Barcelona, Spain, 10-12 September, 2008, pp. 272-277.
- [C67] A. Ciaramella, M.G.C.A. Cimino, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Using BPMN and Tracing for Rapid Business Process Prototyping Environments”, *11th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2009)*, Milan, Italy, 6-10 May, 2009, pp. 206-212.
- [C68] M. Antonelli, P. Ducange, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “A Three-Objective Evolutionary Approach to Generate Mamdani Fuzzy Rule-Based Systems”, *4th International Conference on Hybrid Artificial Intelligence Systems*, Salamanca, Spagna, 10-12 June, 2009, Lectures Notes in Artificial Intelligence, vol. 5572, pp. 613-620.
- [C69] M. Antonelli, P. Ducange, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Learning Concurrently Granularity, Membership Function Parameters and Rules of Mamdani Fuzzy Rule-based Systems”, *IFSA-EUSFLAT 2009*, Lisbon, Portugal, 2009, pp. 1033-1038.
- [C70] M. Antonelli, P. Ducange, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Exploiting a New Interpretability Index in the Multi-Objective Evolutionary Learning of Mamdani Fuzzy Rule-Based Systems”, *ISDA '09*, IEEE, Pisa, Italy, 30 Novembre – 2 Dicembre, 2009, pp. 115-120.
- [C71] F. Marcelloni, M. Vecchio, “A Multi-objective Evolutionary Approach to Data Compression in Wireless Sensor Networks”, *ISDA '09*, IEEE, Pisa, Italy, 30 Novembre – 2 Dicembre, 2009, pp. 402-407.

- [C72] A. Ciaramella, M.G.C.A. Cimino, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Situation-Aware Mobile Service Recommendation with Fuzzy Logic and Semantic Web”, *ISDA'09*, IEEE, Pisa, Italy, 30 Novembre – 2 Dicembre, 2009, pp. 1037-1042.
- [C73] S. Lioba Volpi, M. Antonelli, B. Lazzerini, F. Marcelloni, D.C. Stefanescu, “Segmentation and reconstruction of the lung and the mediastinum volumes in CT images”, *IEEE 2nd International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies (ISABEL)*, Bratislava, Slovak Republic, November 24 - 27, 2009, pp. 1-6.
- [C74] M. Antonelli, P. Ducange and F. Marcelloni, “Exploiting a coevolutionary approach to concurrently select training instances and learn rule bases of Mamdani fuzzy systems”, *2010 IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, Barcellona (Spagna), 18-23 Luglio, 2010, pp. 1-8.
- [C75] M. Antonelli, P. Ducange, B. Lazzerini and F. Marcelloni, “Exploiting a Three-Objective Evolutionary Algorithm for Generating Mamdani Fuzzy Rule-Based Systems”, *2010 IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, Barcellona (Spagna), 18-23 Luglio, 2010.
- [C76] A. Ciaramella, M.G.C.A. Cimino, F. Marcelloni, U. Straccia, “Combining Fuzzy Logic and Semantic Web to Enable Situation-Awareness in Service Recommendation,” *21st International Conference on Database and Expert Systems Applications (DEXA'10)*, Lecture Notes in Computer Science 6261, 30 Agosto – 3 Settembre, 2010, pp. 31-45.
- [C77] A. Ciaramella, M.G.C.A. Cimino, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Using Context History to Personalize a Resource Recommender via a Genetic Algorithm”, *ISDA'10*, IEEE, Cairo, Egypt, 29 Novembre – 1 Dicembre, 2010, pp. 965-970.
- [C78] M. Antonelli, P. Ducange, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Multi-objective Evolutionary Generation of Mamdani Fuzzy Rule-Based Systems based on Rule and Condition Selection,” *5th IEEE International Workshop on Genetic and Evolutionary Fuzzy Systems*, Parigi, Francia, 12-15 Aprile, 2011, pp. 47-53.
- [C79] M.G.C.A. Cimino, B. Lazzerini, F. Marcelloni, W. Pedrycz, “Granular Data Regression with Neural Networks,” *9th International Workshop on Fuzzy Logic and Applications*, Trani, Italia, 29-31 Agosto, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 6857, 2011, pp. 172-179.
- [C80] P. Ducange, F. Marcelloni, “Multi-objective Evolutionary Fuzzy Systems,” *9th International Workshop on Fuzzy Logic and Applications*, Trani, Italia, 29-31 Agosto, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 6857, 2011, pp. 83-90.
- [C81] M. Antonelli, P. Ducange, F. Marcelloni, “A New Approach to Handle High Dimensional and Large Datasets in Multi-objective Evolutionary Fuzzy Systems,” *2011 IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, Taipei, Taiwan, 27-30 Giugno, 2011, pp. 1286-1293.
- [C82] F. Corucci, G. Anastasi, F. Marcelloni, “A WSN-based Testbed for Energy Efficiency in Buildings”, *IEEE Symposium on Computers and Communications*, Kerkyra, Corfu, Greece, 2011, pp. 990-993.
- [C83] M. Vecchio, R. López Valcarce, F. Marcelloni, “An Effective Metaheuristic

Approach to Node Localization in Wireless Sensor Networks,” *8th IEEE International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems* (IEEE MASS 2011), Valencia, Spain, Ottobre 17-22, 2011, pp. 143-145.

- [C84] M. Vecchio, R. Lopez-Valcarce, and F. Marcelloni, “Solving the node localization problem in WSNs by a two-objective evolutionary algorithm and gradient descent,” *3rd World Congress on Nature and Biologically Inspired Computing* (NaBIC2011), IEEE, Salamanca, Spain, Ottobre 19-21, 2011, pp. 143-148.
- [C85] Anastasi, F. Corucci, F. Marcelloni, “An Intelligent System for Electrical Energy Management in Buildings,” *11th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*, IEEE, Cordoba, Spain, November 22-24, 2011, pp. 702-707.
- [C86] M.G.C.A. Cimino, B. Lazzerini, F. Marcelloni, G. Castellano, A.M. Fanelli, M.A. Torsello, “A collaborative situation-aware scheme for mobile service recommendation,” *11th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*, IEEE, Cordoba, Spain, November 22-24, 2011, pp. 130-135.
- [C87] M. Vecchio, R. Lopez-Valcarce, and F. Marcelloni, “A study on the application of different two-objective evolutionary algorithms to the node localization problem in wireless sensor networks,” *11th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*, IEEE, Cordoba, Spain, November 22-24, 2011, pp. 1008-1013.
- [C88] P. Ducange, M. Fazzolari, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “An intelligent system for detecting faults in photovoltaic fields,” *11th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*, IEEE, Cordoba, Spain, November 22-24, 2011, pp. 1341-1346.
- [C89] M. Antonelli, P. Ducange, F. Marcelloni, “Multi-objective evolutionary rule and condition selection for designing fuzzy rule-based classifiers,” *FUZZ IEEE 2012*, Brisbane, Australia, June 10-15, 2012, pp. 794-800.
- [C90] B. Giglio, F. Marcelloni, M. Fazzolari, R. Alcalá, F. Herrera, “A case study on the application of instance selection techniques for genetic fuzzy rule-based classifiers,” *FUZZ IEEE 2012*, Brisbane, Australia, June 10-15, 2012, pp. 920-927.
- [C91] P. Ducange, F. Marcelloni, D. Marinari, “An algorithm based on finite state machines with fuzzy transitions for non-intrusive load disaggregation,” *2012 IFIP Second Conference on Sustainable Internet and ICT for Sustainability*, Pisa, Italia, 4-5 Ottobre 2012, ISBN: 978-3-901882-46-3, pp. 1-5.
- [C92] M. Antonelli, P. Ducange, F. Marcelloni, A. Segatori, “Evolutionary Fuzzy Classifiers for Imbalanced Datasets: An Experimental Comparison”, *2013 IFSA World Congress and NAFIPS Annual Meeting*, Edmonton, Canada, June 24-28, 2013, pp. 13-18.
- [C93] M. Antonelli, P. Ducange, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “A CAD System for Detecting Lung Nodules in CT Scans based on Multi-Objective Evolutionary Fuzzy Classifiers”, *Medical Imaging Using Bio-inspired Soft Computing*, Brussels, Belgium, 2013.
- [C94] M. Vecchio, S. Sasidharan, F. Marcelloni, R. Giaffreda, “Reconfiguration of

Environmental Data Compression Parameters through Cognitive IoT Technologies”, Workshop on Internet of Things Communications and Technologies (IoT 2013) within the 9th IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications, Lyon, France, October 7-9, 2013, pp. 141-146.

- [C95] A. Bechini, F. Marcelloni, A. Segatori, “A Mobile Application Leveraging QR-Codes to Support Efficient Urban Parking”, The Third IFIP Conference on Sustainable Internet and ICT for Sustainability, Palermo, Italy, October 30-31, 2013 (demo paper).
- [C96] G. Anastasi, M. Antonelli, A. Bechini, S. Brienza, E. D’Andrea, D. De Guglielmo, P. Ducange, B. Lazzerini, F. Marcelloni, A. Segatori “Urban and Social Sensing for Sustainable Mobility in Smart Cities”, The Third IFIP Conference on Sustainable Internet and ICT for Sustainability, Palermo, Italy, October 30-31, 2013 (WIP paper).
- [C97] M. Antonelli, P. Ducange, F. Marcelloni, “Feature Selection based on Fuzzy Mutual Information”, 10th International Workshop on Fuzzy Logic and Applications, WILF 2013, Genoa, Italy, 19-23 November, 2013, Lecture notes in Computer Science, Vol. 8256, pp. 36-43.
- [C98] A. D. De Matteis, F. Marcelloni and A. Segatori, “A New Approach to Fuzzy Random Forest Generation,” 2015 IEEE International Conference on Fuzzy Systems, Istanbul, Turkey, 3-6 July, 2015, pp. 1-8.
- [C99] P. Ducange, F. Marcelloni and A. Segatori, “A MapReduce-based Fuzzy Associative Classifier for Big Data”, 2015 IEEE International Conference on Fuzzy Systems, Istanbul, Turkey, 3-6 July, 2015, pp. 1-8.
- [C100] G. Ciavarrini, F. Marcelloni, A. Vecchio, “Improving Wi-Fi based localization using external constraints”, 9th International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies 2015, Cambridge, 9-11 September 2015.
- [C101] M. Cococcioni, B. Lazzerini, F. Marcelloni, F. Pistolesi, “Solving the Environmental Economic Dispatch Problem with Prohibited Operating Zones in Microgrids using NSGA-II and TOPSIS”, ACM SAC 2016, Pisa, 4-8 April, 2016.
- [C102] E. D’Andrea, D. Di Lorenzo, B. Lazzerini, F. Marcelloni, F. Schoen “Path Clustering based on a Novel Dissimilarity Function for Ride-Sharing Recommenders,” 2nd IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP 2016), St. Louis, Missouri, USA, 18-20 May, 2016, pp. 1-8.
- [C103] E. D’Andrea, F. Marcelloni, “Incident Detection by Spatiotemporal Analysis of GPS Data,” 2nd IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP 2016), St. Louis, Missouri, USA, 18-20 May, 2016, pp. 1-6.
- [C104] A. Ferrante, F. Marcelloni, A. Segatori, “A Multi-Objective Evolutionary Fuzzy System for Big Data,” IEEE World Congress on Computational Intelligence, Vancouver, Canada, 24-29 July 2016, pp. 1-8.
- [C105] A. Bechini, A.D. De Matteis, F. Marcelloni, A. Segatori, “Spreading Fuzzy Random Forests with MapReduce, 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC 2016), Budapest, Hungary, 9-12 October, 2016, pp. 1-6.
- [C106] P. Ducange, G Mannarà, F. Marcelloni, “Multi-Objective Evolutionary Granular

Rule-based Classifiers: An experimental Comparison”, FUZZ-IEEE 2017, Naples, Italy, IEEE, 9-12 July, 2017, accepted for publication.

- [C107] M. Barsacchi, A. Bechini, F. Marcelloni, “Multi-class Boosting with Fuzzy Decision Trees”, FUZZ-IEEE 2017, Naples, Italy, IEEE, 9-12 July, 2017, accepted for publication.
- [C108] P. Ducange, G Mannarà, F. Marcelloni, R. Pecori, M. Vecchio, “A Novel Approach for Internet Traffic Classification based on Multi-objective Evolutionary Fuzzy Classifiers”, FUZZ-IEEE 2017, Naples, Italy, IEEE, 9-12 July, 2017, accepted for publication.
- [C109] E. D’Andrea, P. Ducange, F. Marcelloni, “Monitoring Negative Opinion about Vaccines from Tweets Analysis,” 2017 Third IEEE International Conference on Research in Computational Intelligence and Communication Networks (ICRCICN 2017), Kolkata, India, November 3-5, 2017, pp. 186-191.
- [C110] E. D’Andrea, P. Ducange, D. Loffreno, F. Marcelloni, T. Zaccone “Smart Profiling of City Areas Based on Web Data,” 2018 IEEE International Conference on Smart Computing (ICRCICN 2017), Taormina, Italy, June 18-20, 2018, pp. 226-233.
- [C111] A. Renda, M. Barsacchi, A. Bechini, and F. Marcelloni, “Assessing Accuracy of Ensemble Learning for Facial Expression Recognition with CNNs,” in Proc. of 4th Int’l Conf. on Machine Learning, Optimization, and Data Science - Sept. 13-16, 2018 - Volterra, Italy.
- [C112] A. Aliperti, A. Bechini, F. Marcelloni and A. Renda, A Fuzzy Density-based Clustering Algorithm for Streaming Data, International Conference on Fuzzy Systems, FUZZ-IEEE 2019, JW Marriot New Orleans, June 23-26, 2019.
- [C113] R. Pecori, P. Ducange and F. Marcelloni, “Incremental Learning of Fuzzy Decision Trees for Streaming Data Classification”, Eusflat 2019, Prague, September 9-13, 2019.
- [C114] L. Cascone, P. Ducange, F. Marcelloni, “Exploiting Online Newspaper Articles Metadata for Profiling City Areas”, 20th International Conference on Intelligent Data Engineering and Automated Learning (IDEAL), Manchester, UK, 14 - 16 November 2019.
- [C115] A. Bondielli, F. Marcelloni, “A Data-driven Approach to Automatic Extraction of Professional Figure Profiles from Résumés”, 20th International Conference on Intelligent Data Engineering and Automated Learning (IDEAL), Manchester, UK, 14 - 16 November 2019.
- [C116] H. Amraoui, M. Elloumi, F. Marcelloni, F. Mhamdi, D. Verzotto, “Theoretical and Practical Analyses in Metagenomic Sequence Classification”, International Conference on Database and Expert Systems Applications, DEXA 2019, Linz, Austria, August 26 - 29, 2019, pp.27-37.
- [C117] A. Bechini, B. Lazzerini, F. Marcelloni. A. Renda, “Integration of Web-scraped Data in CPM Tools: The case of Project Sibilla”, Fifth International Congress on Information & Communication Technology, Brunel University London, UK, 2020.
- [C118] A. Bondielli, P. Ducange, Francesco Marcelloni, “Exploiting Categorization of

Online News for Profiling City Areas”, 2020 IEEE Conference on Evolving and Adaptive Intelligent Systems (IEEE EAIS2020), Bari, Italy, 2020.

[C119] G. Gallo, V. Ferrari, F. Marcelloni, P. Ducange, "SK-MOEFS: A Library in Python for Designing Accurate and Explainable Fuzzy Models", IPMU 2020, Lisbon, Portugal, June 15 – 19, 2020.

[C120] A. Bechini, M. Criscione, P. Ducange, F. Marcelloni, A. Renda, “FDBSCAN-APT: A Fuzzy Density-based Clustering Algorithm with Automatic Parameter Tuning”, IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI), Glasgow (UK), 19 - 24th July, 2020.

Congressi Nazionali

[CN1] G. Frosini, B. Lazzerini, F. Marcelloni, “Un sistema esperto per condurre gli esami di profitto”, *Atti di Didamatica '93*, Genova, 14-16 Aprile 1993, pp. 65-79.

[CN2] B. Lazzerini, F. Marcelloni, L.M. Reyneri, E. Rossi, L. Schiuma, “Il Sistema BEATRIX per il riconoscimento automatico di testi manoscritti”, *Atti Congresso Annuale AICA*, Palermo 21-23 Settembre 1994, pp. 1303-1318.

Tesi di Dottorato

[TD1] F. Marcelloni, “Modelli orientati alle molecole e metodi basati sulla logica sfumata nel progetto di sistemi software”, Tesi di Dottorato di Ricerca.

Il sottoscritto dichiara che quanto indicato nel presente curriculum corrisponde al vero ai sensi dell'art.46 e 47 D.P.R. 445/2000 e autorizza al trattamento dei dati personali per le finalità e con le modalità di cui al Regolamento europeo (UE) n. 2016/679 del 27 aprile 2016 e del decreto legislativo 30 giugno 2003, n. 196.

Pisa, 10 maggio 2020

Francesco Marcelloni