

# Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino

## 2. Ingegneria dell'Informazione

a cura di  
**Stefano Selleri**  
**Alberto Tesi**  
**Enrico Vicario**



DIALOGHI CON LA SOCIETÀ

ISSN 2975-0210 (PRINT) | ISSN 2975-0334 (ONLINE)



# Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino

– 2 –

Ingegneria dell'Informazione

a cura di

Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario

Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino : ingegneria dell'Informazione - Volume 2 / a cura di Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario. – Firenze : Firenze University Press, 2026. (Dialoghi con la società ; 12)

<https://books.fupress.com/isbn/9791221509755>

ISSN 2975-0210 (print)  
ISSN 2975-0334 (online)  
ISBN 979-12-215-0974-8 (Print)  
ISBN 979-12-215-0975-5 (PDF)  
ISBN 979-12-215-0976-2 (XML)  
DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

Graphic design: Alberto Pizarro Fernández, Lettera Meccanica SRLs

Front cover: created with AI assistance.



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

Da un secolo, oltre.



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE  
**DINFO**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE



#### *Peer Review Policy*

Peer-review is the cornerstone of the scientific evaluation of a book. All FUP's publications undergo a peer-review process by external experts under the responsibility of the Editorial Board and the Scientific Boards of each series (DOI 10.36253/fup\_best\_practice.3).

#### *Referee List*

In order to strengthen the network of researchers supporting FUP's evaluation process, and to recognise the valuable contribution of referees, a Referee List is published and constantly updated on FUP's website (DOI 10.36253/fup\_referee\_list).

#### *Firenze University Press Editorial Board*

G. Bandini (Editor-in-Chief), C. Andreini, R. Bartoli, R. Bianchi, F. Boncinelli, M. Bontempi, F.V. Collotti, A. Cuccoli, D. D'Andrea, A. Dolfi, M. Fagone, M. Garzaniti, C. Giometti, D. Lippi, F. Lucchesi, G. Mari, P.M. Mariano, G. Minutoli, R. Morani, A. Orlandi, B.E. Palladino, L. Re, D. Romano, L. Rovero, S. Scaramuzzi, T. Spignoli, A. Vinciguerra, S. Vuelta García.

*FUP Best Practice in Scholarly Publishing* (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

The online digital edition is published in Open Access on [www.fupress.com](http://www.fupress.com).

Content license: except where otherwise noted, the present work is released under Creative Commons Attribution 4.0 International license (CC BY 4.0: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>). This license allows you to share any part of the work by any means and format, modify it for any purpose, including commercial, as long as appropriate credit is given to the author, any changes made to the work are indicated and a URL link is provided to the license.

Metadata license: all the metadata are released under the Public Domain Dedication license (CC0 1.0 Universal: <https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/legalcode>).

© 2026 Author(s)

Published by Firenze University Press  
Firenze University Press  
Università degli Studi di Firenze  
via Cittadella, 7, 50144 Firenze, Italy  
[www.fupress.com](http://www.fupress.com)

*This book is printed on acid-free paper  
Printed in Italy*

# Sommario

Presentazione <i>Andrea Arnone</i>	9
Prefazione <i>Bruno Facchini, Giovanni Ferrara, Rocco Furferi, Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario</i>	11
Il DINFO in sintesi <i>Giorgio Battistelli, Enrico Vicario</i>	15
PARTE I IL DINFO PER IL TERRITORIO FIORENTINO	
Trent'anni di osservazione della Terra alla Scuola di Ingegneria di Firenze <i>Luciano Alparone</i>	25
La collaborazione tra DINFO e Nuovo Pignone sui sistemi di controllo avanzati e diagnosi dei guasti per turbomacchine <i>Michele Basso, Giovanni Donati, Alberto Tesi</i>	31
Bioingegneria e diagnostica per immagini: l'esperienza di EidoLab <i>Leonardo Bocchi, Leonardo Manetti</i>	35
Ingegneria e radioastronomia a Firenze <i>Pietro Bolli, Renzo Nesti, Giuseppe Pelosi, Gianni Tofani</i>	37
La barchetta magica: l'attraversamento dell'Oceano Atlantico in solitaria da parte di un drone a vela autonomo <i>Enrico Boni, Marco Montagni, Luca Pugi</i>	41
Un percorso espositivo attraverso la tecnologia dei calcolatori <i>Giacomo Bucci</i>	43

I controlli non distruttivi ad ultrasuoni e le sinergie con le aziende di alta tecnologia del territorio fiorentino <i>Lorenzo Capineri</i>	47
L'archivio digitale di eccellenza per il Polo museale fiorentino <i>Vito Cappellini</i>	53
Campioni elettromagnetici di riferimento costruiti a Firenze viaggiano in Europa – Parte A <i>Carlo Carobbi</i>	55
Campioni elettromagnetici di riferimento costruiti a Firenze viaggiano in Europa – Parte B <i>Carlo Carobbi</i>	59
La nuova era delle telecomunicazioni: una prospettiva tecnologica verso reti e sistemi intelligenti <i>Francesco Chiti, Romano Fantacci</i>	65
Il cuore fiorentino del sistema Telepass <i>Alessandro Cidronali, Giovanni Collodi, Stefano Maddio, Gianfranco Manes, Marco Passafiume</i>	69
CE.TA.CE.: un progetto pilota di laboratorio universitario per il trasferimento tecnologico <i>Marcantonio Catelani</i>	71
Sistema di visione artificiale per la sicurezza delle linee ferroviarie ad alta velocità <i>Alberto Del Bimbo, Marco Bertini</i>	75
Il sistema 'Point-At' a Palazzo Medici Riccardi <i>Alberto Del Bimbo</i>	79
Posizionamento a banda ultra-larga per applicazioni sportive: un servizio avanzato e a basso costo per il benessere di tutti gli sportivi <i>Marco Dolfi, Alessio Martinelli, Simone Morosi</i>	83
L'ingegneria ferroviaria a Firenze nell'era del computer <i>Alessandro Fantechi</i>	87
Giovanni Soda e l'intelligenza artificiale a Firenze <i>Paolo Frasconi, Marco Gori, Marco Lippi, Simone Marinai</i>	91
Il 'Progetto Arno' <i>Angelo Freni, Dino Giuli</i>	93
Il ruolo dell'Ingegneria Elettrica per la transizione energetica sostenibile <i>Francesco Grasso</i>	95
L'Ingegneria dell'Informazione e l'Ordine degli Ingegneri: una comune storia (quasi) centenaria <i>Francesco Leoncino, Antonio Luchetta</i>	101
La bioingegneria per l'ospedale pediatrico Meyer di Firenze: analisi del vagito neonatale <i>Claudia Manfredi, Gianpaolo Donzelli, Piero Bruscaaglioni</i>	105

L'evoluzione delle reti di comunicazione di emergenza verso il 5G e beyond <i>Dania Marabissi, Romano Fantacci</i>	107
Il contributo dell'automatica allo studio dei sistemi ambientali in ambito regionale <i>Stefano Marsili Libelli</i>	111
Sensoristica in ambiente estremo: l'interno di una turbina Baker Hughes <i>Gabrio Martini, Laurent Ntibarikure, Stefano Selleri, Viola Sorrentino</i>	117
I contributi dei sistemi distribuiti: dalla musica ai 'social media' <i>Paolo Nesi</i>	121
Da Big Data Analytic ai Data Models e Digital Twin <i>Paolo Nesi</i>	127
Come il DINFO ha contribuito a trasformare il radar da strumentazione militare a sensore per usi civili <i>Massimiliano Pieraccini</i>	133
Rete a banda larga e sistema satellitare per esperimenti di Telemedicina <i>Laura Pierucci</i>	137
Il PC fiorentino <i>Franco Pirri</i>	141
I convertitori risonanti, dagli albori alle moderne applicazioni <i>Alberto Reatti</i>	145
La ricerca operativa a Santa Marta. La mia vita sul colle <i>Fabio Schoen</i>	149
Sistemi ecografici di ricerca ad ultrasuoni per diagnostica medica <i>Piero Tortoli</i>	155
Quando la teoria diventa applicazione: dalle matrici di vincoli sulle differenze allo scheduling di un sistema elettromeccanico <i>Enrico Vicario</i>	159
PARTE II	
TRA GLI <i>SPIN-OFF</i> DEL DINFO	
Gli <i>spin-off</i> del DINFO <i>Fabio Schoen</i>	167
Alcune testimonianze del passato KKT: storia di una start-up di successo <i>Fabio Schoen</i>	177
PARTE III	
MEMORABILIA	
Postfazione <i>Alessandra Petrucci</i>	223
Autori	225



# Presentazione

Andrea Arnone

Nell'ambito delle manifestazioni per i 100 anni dell'Ateneo fiorentino è prevista sia la ristampa del libro *Ingegneri & Ingegneria a Firenze. In occasione dei 50 anni (dal 1970-71 al 2020-21) degli studi di Ingegneria presso l'Ateneo fiorentino* (a cura di Franco Angotti, Giovanni Frosali, Giuseppe Pelosi, Marco Pierini) sia la pubblicazione di *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino* (2 voll., vol. 1 a cura di Bruno Facchini, Giovanni Ferrara, Rocco Furferi; vol. 2 a cura di Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario), articolato in due volumi con una parte in comune.

Queste due iniziative editoriali della Firenze University Press coinvolgono a vario titolo la Scuola di Ingegneria dell'Università di Firenze, il Dipartimento di Ingegneria Industriale (DIEF), il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DINFO) e l'Associazione degli Alumni della Scuola di Ingegneria in Santa Marta.

*Ingegneri & Ingegneria a Firenze. In occasione dei 50 anni (dal 1970-71 al 2020-21) degli studi di Ingegneria presso l'Ateneo fiorentino* è stato presentato nell'Aula Magna del nostro Ateneo nel febbraio del 2022. Il libro originario riprendeva in parte il contenuto di quello dato alle stampe in occasione dei 40 anni della nascita della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze e ne costituiva, a distanza di oltre un decennio, per le sole prima e seconda parte, la naturale prosecuzione con tutti gli aggiornamenti del caso. Questi dieci anni intercorsi sono stati caratterizzati da una riforma dell'Università con l'abolizione delle Facoltà, la creazione delle Scuole e il trasferimento dell'organizzazione della didattica ai Dipartimenti, che, come è noto, erano nati come organi di sola ricerca.

Vale la pena ricordare che le manifestazioni dei 100 anni dell'Ateneo fiorentino sono cominciate nel settembre del 2023 e all'interno di queste manifestazioni è stato pubblicato un libro dedicato al rapporto tra il nostro Ateneo e la città (*Firenze e l'Università. Passato, presente e futuro*, pubblicato dalla Firenze University Press nel 2024), in cui ovviamente è presente anche un contributo della Scuola di Ingegneria (*L'Ateneo ed il mondo della tecnica*, di Bruno Facchini ed Enrico Vicario).

*Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino* è articolato in due volumi ed è pensato per essere sia complementare sia di supporto al

contributo che è presente nel volume celebrativo dei 100 anni. Quindi non necessariamente molto esteso.

I testi pubblicati hanno come obiettivo quello di ripercorrere l'evoluzione della Facoltà/Scuola di Ingegneria di Firenze, in pratica, nei primi 50 anni, raccontando e documentandone la storia, raccogliendo ricordi e documenti di un periodo attraversato da mutamenti significativi.

La ricerca effettuata dai curatori e da tanti colleghi ha allargato progressivamente l'orizzonte del lavoro per recuperare, non solo i contenuti della storia accademica, ma anche quelli della storia civile della Facoltà/Scuola, osservandone il laborioso crescere, affermarsi e consolidarsi nell'Ateneo fiorentino e anche rilevandone le relazioni con il contesto sia sociale sia economico (come ad esempio la città e la regione) che circonda un soggetto collettivo significativo come la nostra Facoltà/Scuola di Ingegneria. Questo ha consentito di esplorare e documentare ambiti rilevanti per una conoscenza non banale di quanti attori hanno attraversato lo scenario della Facoltà/Scuola e di quali fenomeni la Facoltà/Scuola stessa sia stata osservatrice e protagonista.

Il lavoro testimonia il percorso che ha portato l'ingegneria fiorentina a diventare protagonista nella ricerca a livello internazionale e con una peculiare attitudine alla formazione di giovani altamente specializzati. Da sottolineare anche il forte legame della Facoltà/Scuola con il tessuto industriale metropolitano.

Spero che i lettori di questi volumi vi ritroveranno il percorso della propria vita, o le radici del presente, o le motivazioni per il futuro.

## Prefazione

Bruno Facchini, Giovanni Ferrara, Rocco Furferi,  
Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario

Nel 2024 si è celebrato il centenario dell'Ateneo fiorentino (1924-2024), occasione per la quale è stato istituito un apposito Comitato organizzativo. Parallelamente, nell'anno accademico 2020-21, ricorreva il cinquantenario dell'istituzione degli studi di Ingegneria presso l'Ateneo. Per commemorare questa ricorrenza, è stato deciso di organizzare una serie di eventi, gestiti dall'Associazione Alumni di Santa Marta, con l'obiettivo di valorizzare la Scuola di Ingegneria. Tale Associazione, va ricordato, è destinata a confluire in futuro in una rappresentativa dell'intera Università di Firenze. A causa della pandemia da Covid-19, tuttavia, il numero di eventi realizzati è stato necessariamente limitato. Si è quindi deciso di estendere le celebrazioni del cinquantenario degli studi di Ingegneria fino alla conclusione di quelle del centenario dell'Ateneo fiorentino, creando così un legame tra le due ricorrenze e contribuendo peraltro a dare maggiore visibilità alla Scuola di Ingegneria.

Le manifestazioni dei 100 anni dell'Ateneo fiorentino sono iniziate nel settembre del 2023 e all'interno di queste manifestazioni è previsto un volume dedicato al rapporto tra il nostro Ateneo e la città (*Firenze e l'Università. Passato presente e futuro*, pubblicato dalla Firenze University Press nel 2024), in cui è ovviamente stato presente anche un contributo della Scuola di Ingegneria (*L'Ateneo ed il mondo della tecnica*, di Bruno Facchini ed Enrico Vicario).

Il presente testo, intitolato *Ingegneria Industriale e Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino*, è stato concepito per integrare e supportare il contributo dei due Dipartimenti della Scuola che sarà incluso nel volume celebrativo, data la necessità di mantenere quest'ultimo breve e sintetico. Il volume vuole raccontare una storia di innovazione, sviluppo e crescita che ha avuto un impatto profondo sul territorio fiorentino. I due Dipartimenti di Ingegneria Industriale e di Ingegneria dell'Informazione hanno formato generazioni di ingegneri che hanno contribuito alla trasformazione della città e della regione, intervenendo in ambiti cruciali come la mobilità, l'energia e la digitalizzazione. Hanno inoltre sviluppato importanti ricerche scientifiche e industriali rappresentando un motore di innovazione per il territorio, contribuendo allo sviluppo di nuove tecnologie e soluzioni in svariati settori. Pertanto, il presente testo

ha l'ambizione di raccontare parte di queste importanti esperienze al fine di far comprendere l'impatto che i due dipartimenti hanno avuto, e continuano ad avere, sia sul territorio che a livello nazionale ed internazionale.

Il libro si articola in due volumi:

*Volume 1: Il DIEF e il territorio fiorentino*

La prima parte del volume 1 è interamente dedicata alla presentazione del Dipartimento di Ingegneria Industriale (DIEF) dell'Università di Firenze. L'apertura è affidata a una panoramica storico-istituzionale che ne ripercorre le origini, l'evoluzione nel tempo e i principali passaggi che hanno portato alla configurazione attuale, sia in termini di struttura organizzativa che di governance. Questo inquadramento iniziale consente di comprendere appieno il contesto in cui il Dipartimento opera e si sviluppa, sottolineando il legame tra le sue radici accademiche e la visione strategica che lo guida oggi. Ampio spazio è dedicato alle attività di ricerca, che rappresentano uno dei principali ambiti di eccellenza del DIEF. Vengono descritte le linee di ricerca attive, i numerosi laboratori – inclusi quelli congiunti con enti pubblici e aziende private – e le collaborazioni scientifiche nazionali e internazionali. Si evidenzia inoltre la vitalità dell'ecosistema innovativo che gravita intorno al Dipartimento, testimoniato dalla presenza di *spin-off* accademici, progetti industriali, brevetti e iniziative imprenditoriali. Una particolare attenzione è rivolta anche alle attività di Public Engagement, attraverso le quali il Dipartimento dialoga attivamente con il territorio, promuovendo la diffusione della cultura scientifica e tecnologica.

Segue una selezione – non esaustiva ma rappresentativa – delle principali attività di ricerca condotte da docenti e ricercatori del Dipartimento. Questa sezione è arricchita da testimonianze storiche, che offrono uno sguardo retrospettivo sul contributo del DIEF allo sviluppo scientifico e tecnologico, valorizzando al contempo la memoria delle persone e dei progetti che hanno segnato il suo percorso. Un capitolo specifico è riservato alle attività didattiche, con particolare enfasi sul Dottorato di Ricerca in Ingegneria Industriale, che costituisce un pilastro fondamentale nella formazione avanzata e nella preparazione della futura classe dirigente scientifica e tecnica. Vengono presentati gli obiettivi formativi, le tematiche di ricerca affrontate dai dottorandi e il ruolo strategico che il percorso di dottorato riveste all'interno della missione scientifica del Dipartimento.

La sezione conclusiva è dedicata alle attività di Trasferimento Tecnologico, elemento chiave della Terza Missione, attraverso cui il sapere accademico si traduce in valore per il sistema produttivo e per la società. Infine, è inclusa una raccolta di documenti e materiali storici che contribuiscono a documentare e preservare la memoria istituzionale del Dipartimento.

*Volume 2: Il DINFO e il territorio fiorentino*

Dopo una descrizione introduttiva dedicata al Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DINFO) dell'Università di Firenze – che ne delinea l'identità scientifica, la missione formativa e il ruolo strategico nell'ambito dell'ingegneria dell'informazione – il volume 2 si concentra su una selezione significativa, seppur non esaustiva, delle attività di ricerca svolte sul territorio nel corso dei primi cinquant'anni di vita della Facoltà, poi Scuola, di Ingegneria. Questo *excursus* mette in luce l'impatto che l'attività accademica e scientifica del DINFO ha avuto sul contesto fiorentino e toscano, sia in termini di sviluppo tecnologico che di formazione delle competenze.

Tra i contributi più rilevanti spiccano quelli di figure di riferimento che hanno segnato in modo indelebile la storia della disciplina e della comunità accademica, come i professori emeriti Edoardo Mosca, Roberto Genesisio, Vito Cappellini e Giacomo Bucchi. Le loro ricerche e i loro insegnamenti hanno costituito un punto di riferimento per intere generazioni di studenti e ricercatori, contribuendo in modo determinante all'affermazione dell'area ICT (Information and Communications Technology) all'interno del panorama universitario italiano. Parte di questi contributi sono stati valorizzati nel volume commemorativo *Ingegneri & Ingegneria a Firenze*, pubblicato in occasione del cinquantenario degli studi di Ingegneria, che raccoglie testimonianze, memorie e riflessioni sul percorso dell'Ateneo nel campo dell'innovazione scientifica e tecnologica.

Il volume prosegue con una panoramica dedicata agli *spin-off* accademici nati in seno al DINFO, che rappresentano un elemento tangibile della capacità del Dipartimento di trasferire conoscenza e tecnologia verso il sistema produttivo e l'ecosistema dell'innovazione. Queste iniziative imprenditoriali, fondate da docenti, ricercatori e laureati del Dipartimento, testimoniano l'efficacia del dialogo tra ricerca e impresa, nonché la vocazione del DINFO a generare valore economico e sociale a partire dalla ricerca scientifica.

A chiudere vi è una raccolta di memorabilia, composta da testimonianze di laureati in Ingegneria dell'Informazione che, dopo la formazione ricevuta presso l'Ateneo fiorentino, hanno intrapreso percorsi professionali di successo all'interno di aziende del territorio operanti nel settore ICT. Le loro storie rappresentano non solo un omaggio alla qualità della formazione ricevuta, ma anche un esempio concreto del ruolo che l'Università svolge nello sviluppo del capitale umano e nella crescita del tessuto economico e industriale locale.



## Il DINFO in sintesi

*Giorgio Battistelli, Enrico Vicario*

Il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DINFO), uno dei 21 Dipartimenti dell'Università di Firenze, è il Dipartimento di riferimento per il settore ICT (*Information and Communications Technology*).

In questo ambito svolge ricerche avanzate in diversi campi dell'ingegneria: elettronica, informatica, telecomunicazioni, automatica, elettromagnetismo, misure ma anche di ricerca operativa, bioingegneria ed elettrotecnica.

Studia e progetta apparati elettronici e sensori, software avanzato, sistemi e reti di telecomunicazione, sistemi radar, sistemi ad ultrasuoni, satellitari, di controllo e telerilevamento, sistemi di elaborazione e interpretazione di dati, segnali e contenuti multimediali, sistemi di supporto alle decisioni, di intelligenza artificiale, di sicurezza e protezione dell'informazione e telematici.

Fa ricerca in settori apparentemente diversi, tutti caratterizzati dall'acquisizione, elaborazione, trasmissione e utilizzazione dell'informazione e della conoscenza, risorse essenziali della nuova società.

Il DINFO aderisce inoltre a vari Centri e Consorzi interuniversitari, tra i quali: il CNIT (Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni), il CINI (Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Informatica), il MECSA (*Microwave Engineering Center for Space Applications*), il TICOM (Consorzio per Le Tecnologie dell'Informazione e delle Telecomunicazioni). Al DINFO afferiscono anche il MICC (*Media Integration and Communication Center*), centro di eccellenza istituito dal MIUR nel 2001 ed il CITMQSA (Centro Interdipartimentale delle Tecnologie dei Microsistemi per la Qualità e Sicurezza Ambientale).

Il DINFO, tra professori, ricercatori, tecnici/amministrativi, assegnisti e dottorandi di ricerca, si avvale di un organico superiore alle 180 unità e, con successo e determinazione, è impegnato nell'acquisizione di importanti finanziamenti di ricerca pubblici e privati. In particolare, al DINFO afferiscono 72 tra Docenti e Ricercatori (16 PO, 39 PA, 17 RU/RTD), 22 staff tecnico/amministrativo, 48 studenti PhD, 44 assegnisti di ricerca post-laurea o post-dottorato in progetti di ricerca e trasferimento tecnologico<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Questi dati, così come tutte le informazioni di questo testo, sono aggiornati al febbraio 2025.

■ **DINFO** / Il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Firenze

## Qui la ricerca genera fatturato

Laurea triennale e magistrale oltre a un dottorato in Ingegneria dell'informazione

Con il varo della riforma il volto dell'Università italiana è radicalmente cambiato. Non esistono più le Facoltà, ma solo le Scuole e i Dipartimenti, ora più grandi e più omogenei di un tempo e, soprattutto, più incisivi e autonomi: in grado di impostare una propria policy e avere precisi indirizzi strategici nel sempre più competitivo mercato delle risorse e dei finanziamenti per la ricerca. Un campo in cui il Dinfo (Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione), uno dei 24 dipartimenti dell'Università di Firenze, si muove con successo e determinazione: dodici milioni di euro (esclusi i costi del personale struttu-

to) con previsioni di crescita e il budget per il 2013, per uno staff di 68 professori e ricercatori, 23 tecnici e amministrativi e 129 giovani fra post-doc e studenti di dottorato, vero investimento per il futuro. Al Dinfo afferiscono due corsi di laurea triennale (Ingegneria elettronica e delle telecomunicazioni, Ingegneria informatica), cinque corsi di laurea magistrale (Ingegneria biomedica, Ingegneria elettronica, Ingegneria informatica, Ingegneria elettrica e dell'automazione, Ingegneria delle telecomunicazioni) e un corso di dottorato in Ingegneria dell'Informazione per un totale di circa 1.400 studenti. Perché sono loro gli studenti, il fine ultimo delle attività di didattica e ricerca e i portatori delle idee senza le quali tutto il resto avrebbe ben poco senso. Il Dinfo è il dipartimento di riferimento per le Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione (ICT, Information and Communication Technology), nel cui ambito svolge ricerche avanzate di automatica, elettronica, informatica, telecomunicazioni, elettro-



Monitoraggio della caldera dello Stromboli mediante un radar progettato dal Dinfo

Sistema a interazione naturale progettato da ricercatori del Dinfo installato a Palazzo Medici Riccardi a Firenze

**Ambiti di ricerca ricomposti dall'acquisizione, elaborazione, trasmissione e utilizzazione dell'informazione**

agnetismo, ma anche di ricerca operativa, biogeogenia e elettrotecnica. Studia e progetta reti wireless, radar, sensori e apparati elettronici, software avanzato, sistemi ad ultrasuoni, satellitari, di controllo e teletelivamento, di elaborazione e interpretazione di contenuti multimediali, di supporto alle decisioni, di sicurezza e protezione dell'informazione e telematici. Fa ricerca in settori apparentemente diversi, ma tutti ca-

terizzati dall'acquisizione, elaborazione, trasmissione e utilizzazione dell'informazione e della conoscenza, risorse essenziali della nuova società. Il Dinfo aderisce inoltre a vari centri e consorzi interuniversitari, tra i quali si segnalano il Cnr (Consorzio nazionale interuniversitario per le telecomunicazioni), il Mecc

(Microwave engineering center for space applications) e il Mida (Multidisciplinary Institute for development research and applications), che svolgono un ruolo importante nel panorama nazionale di cooperazione scientifica di alto livello fra le università e le imprese. Quella del Dinfo è una realtà italiana importan-

te, proiettata nel futuro ma con radici ben piantate nella storia e tradizione dell'ateneo fiorentino. Nei primi anni del secondo dopoguerra Nello Carrara, compagno di studi di Enrico Fermi, continua a Firenze l'Iroe (Istituto di ricerca delle onde elettromagnetiche) del Cnr. Quel nucleo di ricercatori all'avanguardia nel campo dell'elettronica e delle microonde avrebbe contribuito significativamente anni dopo, nel 1972, a fondare la facoltà di Ingegneria fiorentina, da sempre molto legata all'industria ad alto contenuto tecnologico. Non è certo un caso che oltre un quarto del budget di ricerca del Dinfo provenga da contratti diretti con aziende e che il dipartimento abbia dato origine a diversi spin-off. Le altre principali fonti di finanziamento sono la Comunità europea, il Miur e la regione Toscana. E anche questo non è un caso. La ricerca oggi ha questa doppia anima: prospettive globali e realtà locale. Solo per citare un paio di esempi: smart cities e beni culturali, due settori in cui il Dinfo, così come l'Università di Firenze nel complesso, sono protagonisti e in cui si coniugano tecnologie interdisciplinari e collaborazioni internazionali e applicazioni a misura del territorio. Molteplici e in settori diversi sono le realizzazioni con quelle nelle figure, anche in collaborazione con

industria.

Figura 1 – L'articolo "Qui la ricerca genera fatturato" apparso su *Il Sole 24 Ore* del 13 maggio 2013 e dedicato alle ricerche del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DINFO) dell'Università di Firenze, Dipartimento in cui è confluito sia il Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni sia quello di Sistemi e Informatica.

L'offerta didattica del DINFO si sviluppa sui tre livelli e prevede tre corsi di laurea: L8 Ingegneria Elettronica, L8 Ingegneria Informatica, L8-L9 Ingegneria Biomedica; cinque corsi di laurea magistrale: LM 21 Ingegneria Biomedica, LM 25 Ingegneria Elettronica e dell'Automazione, LM 29 Ingegneria dei Sistemi Elettronici, LM 32 Ingegneria Informatica, LM 32 Intelligenza Artificiale; tre corsi di dottorato: Information Engineering, Smart Computing, Smart Industry. Alcuni docenti sono coinvolti in corsi di dottorato attivati presso altri Dipartimenti, per un totale di circa 1500 studenti, fine ultimo delle attività di didattica e ricerca.

Dall'Istituto di Elettronica al DINFO

Quella del DINFO è una realtà italiana importante, proiettata nel futuro ma con radici ben piantate nella storia e tradizione dell'Ateneo fiorentino. Nei primi anni del secondo dopoguerra Nello Carrara, compagno di studi di Enrico Fermi e a cui si deve l'introduzione del termine microonde (*microwave*) nella letteratura tecnico-scientifica, costituì a Firenze l'IROE (Istituto di Ricerca sulle Onde Elettromagnetiche) del CNR. Quel nucleo di ricercatori all'avanguardia nel campo dell'elettronica e delle microonde avrebbe contribuito significativamente anni dopo, nel 1972, a fondare la Facoltà di Ingegneria fiorentina, da sempre molto legata all'industria ad alto contenuto tecnologico.

Nel marzo del 1972 fu creato l'Istituto di Elettronica. I direttori che si sono succeduti sono stati il Prof. Antonio Zanini (1972-74), il Prof. Mario Calamia (1974-77), il Prof. Vito Cappellini (1977-80) ed il Prof. Leonardo Masotti (1980-83). Con DR 332/83 l'Istituto di Elettronica è stato disattivato a seguito della costituzione del Dipartimento di Ingegneria Elettronica (DIE) - avvenuta con DR 7/83 - e del Dipartimento di Sistemi e Informatica (DSI). Quest'ultimo era stato costituito subito dopo il DIE. Successivamente con DR 1118/99 il Dipartimento di Ingegneria Elettronica (DIE) ha modificato la propria denominazione in Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni (DET).

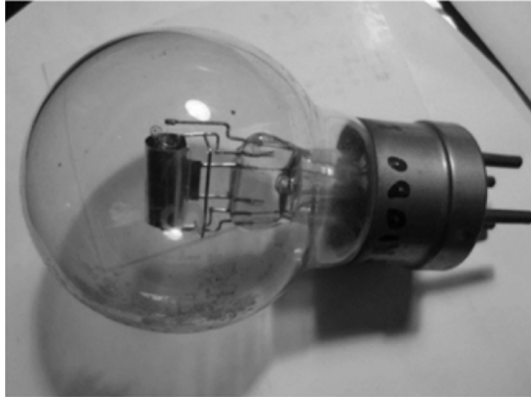


Figura 2 – Tubo a vuoto Philips Tipo E col quale Nello Carrara produsse per la prima volta le ‘microonde’, conservato presso il Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione della Scuola di Ingegneria dell’Università di Firenze.

Il primo Direttore del Dipartimento di Ingegneria Elettronica è stato, per un breve periodo, il Prof. Mario Calamia. I direttori successivi sono stati: il Prof. Antonino Liberatoro (1983-89), il Prof. Leonardo Masotti (1989-92), il Prof. Carlo Atzeni (1992-98), il Prof. Dino Giuli (1998-04) ed il Prof. Guido Biffi Gentili (2004-10). L’ultimo direttore del Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni, nominato per il quadriennio 2010-14, è stato il Prof. Piero Tortoli, che è rimasto in carica fino al 31/12/2012, data in cui il dipartimento si è sciolto per confluire – insieme a membri del Dipartimento di Sistemi e Informatica – nel costituendo Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione (DINFO), Dipartimento di riferimento per le Tecnologie dell’Informazione e della Comunicazione (ICT, *Information and Communications Technology*).

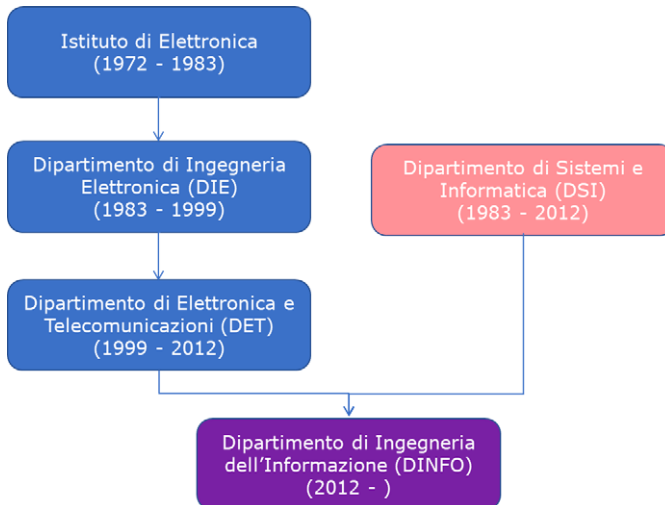


Figura 3 – La storia delle strutture di riferimento dell’ICT presso l’Ateneo fiorentino dal 1972 ad oggi.

I Direttori che si succeduti al Dipartimento di Sistemi e Informatica (DSI) sono stati nell’ordine: il Prof. Edoardo Mosca (1983-1987), il Prof. Roberto Genesio (1987-1992),

il Prof. Renzo Pinzani (1992-1994), il Prof. Russel Allan Johnson (1994-1997), il Prof. Alberto Del Bimbo (1997-2000), il Prof. Giacomo Bucci (2000-2006) ed infine il Prof. Renzo Pinzani (2006-2012).

Dalla sua costituzione si sono succeduti invece alla direzione del DINFO il Prof. Enrico Del Re (Ordinario di Telecomunicazioni, Direttore dal 2012 al 2016), il Prof. Enrico Vicario (Ordinario di Sistemi di Elaborazione delle Informazioni, Direttore dal 2016 al 2024) ed il Prof. Giorgio Battistelli (Ordinario di Automatica, Direttore dal 2024 ad oggi).

#### Il DINFO e l'Ateneo fiorentino

Il DINFO, o più correttamente le strutture di riferimento dell'ICT presso l'Ateneo fiorentino, ha poi contribuito a ruoli direttivi in organi dell'Ateneo fiorentino.

#### Presidi della Facoltà di Ingegneria

- Giuseppe Francini (Ordinario di Elettronica Applicata, 1972/73 – 1974/75 e 1977/78-1978/79)
- Gaetano Villari (Ordinario di Applicazioni di Matematica per l'Elettronica, 1985/86-1986/87)
- Alberto Tesi (Ordinario di Automatica, 2006/07-2008/09)
- Stefano Manetti (Ordinario di Elettrotecnica, 2009/2010-2011/12)



Figura 4 – La targa commemorativa dei Presidi della Facoltà di Ingegneria collocata nell'ex-salone di Villa Cristina del plesso di Santa Marta.

#### Presidenti della Scuola di Ingegneria

- Marcantonio Catelani (Ordinario di Misure elettriche ed elettroniche, 2012/13-2013/14)
- Alessandro Fantechi (Ordinario di Sistemi di elaborazione delle informazioni, 2019/20 - aprile 2023)

#### Rettori dell'Università di Firenze

- Alberto Tesi (Ordinario di Automatica, 2009/10 - 2014/15)

#### I Professori Emeriti

- Attualmente i professori emeriti dell'area dell'ICT, e quindi anche del DINFO, sono Carlo Atzeni, Vito Cappellini, Alberto Del Bimbo, Roberto Genesio, Stefano Manetti, Edoardo Mosca, Giuseppe Pelosi, Gaetano Villari, Piero Tortoli.

#### I Laboratori del DINFO

Il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DINFO) è costituito da una rete di laboratori che svolgono la propria attività di ricerca su specifiche tematiche che sono di seguito elencate assieme al loro acronimo.

##### Automation and Control

Systems & Control Laboratory – SysCon  
 Biomedical Engineering  
 Biosignal and Bioinstrumentation Laboratory – B2LAB  
 Bioimaging and modelling Laboratory  
 Computazionale Biomedicine Laboratory – COMBINE

##### Electromagnetic Engineering and High-Frequency Systems

Radar and Millimeter Waves Laboratory – RADOME  
 RF, Microwaves and Electromagnetics Laboratory – RMEME

##### Electronics and Bioengineering

Microelectronics Systems Design Laboratory – MSDLab  
 Ultrasound and non-Destructive Testing Laboratory – USCNDLab  
 Electronic Systems for Environment and Cultural Heritage Laboratory – ESECH

##### Informatics Engineering and Optimization

Artificial Intelligence Laboratory – AiLab  
 Distributed Systems and Internet Technologies Laboratory – DISIT  
 Global Optimization Laboratory “Gerardo Poggiali” – GOL  
 Software Technologies Laboratory – STLab  
 Media Integration and Communication Center – MICC

##### Electrical, Engineering Measurements - LEM

Electromagnetic Compatibility Laboratory – EMCLab  
 Measurement, Reliability, and Safety Laboratory – MRS-Lab  
 Power Electronics Laboratory – PELab  
 Electrical Energy Engineering Laboratory – 3ELabReliability, Measurement, and Power Systems

## Telecommunications and Networks

Data Communications Networks and Systems Laboratory – DaCoNetS  
Signal Processing & Communications Laboratory – LESC

Sono inoltre presenti una serie di laboratori congiunti a cui partecipano aziende ed enti esterni al DINFO, come da Tabella che segue.

Con sede presso il DINFO:

Software ARchitecture and Methodologies Laboratory (SWARM Lab)  
Aziende e Dipartimenti Universitari: Centro di servizi “Sistema Informatico dell’Ateneo Fiorentino (SIAF)”, Società LASCAUX S.r.l., Società DRWolf S.r.l., Società JAEWA, Società WEDGE Engineering S.r.l., Dipartimento di Ingegneria Industriale

EidoLab

Aziende e Dipartimenti Universitari: Società Imaginalis S.r.l., Dipartimento di Scienze Biomediche, Sperimentali e Cliniche “Mario Serio”

Metodi di prova e misure per la qualificazione e l’affidabilità

Aziende e Dipartimenti Universitari: ANALYTICAL S.r.l.

Visible Light Communications Research Laboratory (VisiCoRe)

Aziende e Dipartimenti Universitari: Laboratorio Europeo di Spettroscopie Non lineari (LENS), Istituto Nazionale di Ottica del CNR PIN S.c.r.l., Iles S.r.l., Estra S.p.A.

Smart Energy Lab - Soluzioni tecnologiche per la Power Quality nei sistemi elettrici

Aziende e Dipartimenti Universitari: Ente Energia Europa S.p.A.

Mini-invasive energetic technologies for oncologic therapy - MIET

Aziende e Dipartimenti Universitari: M-WAVE S.r.l, Dipartimento di Ingegneria Industriale (DIEF), Dipartimento di Medicina Sperimentale e Clinica (DMSC)

Medical and Health Information and Communication Technology Laboratory - MedICT

Aziende e Dipartimenti Universitari: Dipartimento di Medicina Sperimentale e Clinica (DMSC), Dipartimento per l’Economia e l’Impresa (DISEI), Dipartimento di Scienze Giuridiche (DSG), Dipartimento di Ingegneria Industriale (DIEF), Dipartimento di Scienze della Salute (DSS), Azienda Regionale di Sanità (ARS), Azienda USL Toscana Centro, PIN Scrl, Medea S.r.l., Società della Salute di Firenze, Società TREZERODUE S.r.l.

Laboratori congiunti con sede presso altri dipartimenti a cui partecipa il DINFO:

Assistive Biorobotics Joint Lab (ABR JOINT LAB)

Dipartimento referente: Dipartimento di Ingegneria Industriale

Aziende e Dipartimenti Universitari: Istituto di BioRobotica - Scuola Superiore di Studi Universitari e di Perfezionamento Sant’Anna

Building and Bridge, Energy, Seismic, Technology Laboratory (BEST LAB)

Dipartimento referente: Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

Aziende e Dipartimenti Universitari: Società S2R S.r.l. Spin-off dell’Università di Firenze

Rehabilitation Bioengineering and Assistive Technology Lab (RING@LAB)

Dipartimento referente: Dipartimento di Ingegneria Industriale

Aziende e Dipartimenti Universitari: Fondazione Don Carlo Gnocchi – Onlus

Smart Lighting Design LAB

Dipartimento referente: Dipartimento di Architettura

Aziende e Dipartimenti Universitari: Società Welt Electronic S.p.A., Ente Fondazione Manzoni - Arte e Design, Società Fort Fibre Ottiche S.r.l.

FASHION And Luxury & Information TechnologY– FASHIONALITY

Dipartimento referente: Dipartimento di Ingegneria Industriale

Aziende e Dipartimenti Universitari: Dipartimento di Architettura, Dedagroup Stealth S.p.A, Fondazione Istituto Tecnico Superiore Mita – Made in Italy Tuscany Academy, Giuneco S.r.l., PIN S.c.r.l., Remira Italia S.r.l. Socio Unico, Temera S.r.l. a Socio Unico

Le tabelle seguenti sintetizzano poi, limitatamente agli ultimi quattro anni, accordo, contratti conto terzi, contratti di ricerca, assegni di ricerca e borse di studio attivati presso il DINFO.

	<b>Accordi quadro senza oneri finanziari</b>	<b>N. contratti c/t</b>	<b>N. contratti di ricerca</b>
<b>2018</b>	8	37	22
<b>2019</b>	2	45	21
<b>2020</b>	6	35	27
<b>2021</b>	4	35	11
<b>2022</b>	6	67	46
<b>2023</b>	2	48	43
<b>2024</b>	0	35	30

	<b>Assegni di Ricerca</b>	<b>Borse di Studio</b>
<b>2018</b>	68	20
<b>2019</b>	72	18
<b>2020</b>	52	11
<b>2021</b>	58	17
<b>2022</b>	52	17
<b>2023</b>	46	17
<b>2024</b>	46	16

## Il DINFO e l'IEEE

Infine, il DINFO ha una stretta relazione di tipo scientifico con l'*Institute of Electrical and Electronics Engineers*<sup>2</sup>, IEEE, la più importante organizzazione al mondo nell'ambito dell'Ingegneria Elettrica ed Elettronica e delle Tecnologie dell'Informazione.

<sup>2</sup> <https://www.ieee.org/>

In particolare, il DINFO può vantare 3 *Fellow* (D. Angeli, A. Piva, P. Tortoli) e 4 *Life Fellow* (V. Cappellini, R. Fantacci, E. Mosca, G. Pelosi), il più alto grado di affiliazione all'IEEE. Vanta inoltre un IEEE *Student Branch*<sup>3</sup>, ovvero un gruppo di studenti affiliati all'IEEE, particolarmente attivo e vivace di cui è *Counselor* il Prof. Stefano Selleri, che ricopre anche il ruolo di Coordinatore Nazionale delle attività studentesche della IEEE. Presso il DINFO ha la sua sede ufficiale l'*IEEE History Activity Committee – Italy Section*, che si occupa di valorizzazione della storia della tecnologia.

Su iniziativa del predetto comitato è stata attribuita dall'IEEE una *Milestone*, ovvero una targa commemorativa – collocata presso il Salone di Villa Cristina del plesso di Santa Marta – che ricorda l'eccezionale contributo che Enrico Fermi diede quando era soltanto un giovane docente del neonato Ateneo fiorentino negli anni 1924 – 1925. Questo fondamentale contributo – che portò Enrico Fermi ad una notorietà di livello mondiale – oltre a spiegare alcuni fenomeni fisici fondamentali, ha avuto numerose applicazioni che hanno rivoluzionato la nostra vita quotidiana dando di fatto i natali all'elettronica moderna con l'invenzione del *transistor*. Nel periodo fiorentino fu anche docente al biennio propedeutico agli studi di Ingegneria. Questo era costituito da una serie di insegnamenti preparatori che avrebbero poi permesso agli studenti fiorentini di proseguire nei trienni, e quindi conseguire la laurea, in altri Atenei italiani. Una soluzione parziale che verrà completata soltanto nel 1970, con l'istituzione della nostra Facoltà, ora Scuola, di Ingegneria.

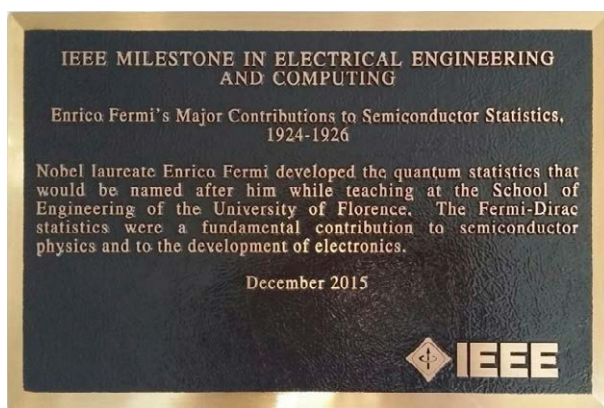


Figura 5 – La IEEE Milestone che celebra la statistica di Enrico Fermi per i semiconduttori, teoria alla base dell'elettronica moderna, posta nel salone di Villa Cristina, l'atrio monumentale ove avvengono le proclamazioni delle lauree.

<sup>3</sup> <https://www.linkedin.com/company/ieeeflorence/?originalSubdomain=it>

PARTE I

**Il DINFO per il territorio fiorentino**



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DINFO**  
DIPARTIMENTO DI  
INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

# Trent'anni di osservazione della Terra alla Scuola di Ingegneria di Firenze

*Luciano Alparone*

Le attività di Osservazione della Terra (OT) alla Scuola di Ingegneria di Firenze sono iniziate nel 1994, quando la prima stazione per la ricezione dei dati MeteoSat di I Generazione è stata installata presso il Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni (DET). In realtà, mentre il DET è stato storicamente testimone di un'intensa attività di telerilevamento con sistemi attivi coerenti a microonde, del tipo radar a sintesi di apertura (SAR), l'osservazione con sistemi ottici era inesistente prima del 1994.

La stazione permetteva la connessione diretta con un satellite della costellazione per accedere ai dati che erano stati pre-elaborati nella stazione di Darmstadt, in Germania, sede del Consorzio EumetSat, che a partire dal 1977 sovrintende alle attività europee in ambito meteorologico. Di fatto, il satellite serviva soltanto da specchio, perché i dati grezzi venivano prima inviati a terra per le prime correzioni e la sovrapposizione delle scritte e dei confini dei vari stati, e poi rimandati sul satellite che li inviava alle stazioni. Oltre ai dati strettamente necessari per le previsioni meteorologiche, cioè una banda pancromatica allargata alle lunghezze d'onda del vicino infrarosso (da 0.5 a 0.9 micron) per il tracking delle formazioni nuvolose, una banda nell'assorbimento del vapor d'acqua (da 6 a 7 micron), per determinare la quantità di acqua delle nubi, e una banda nell'infrarosso termico (da 10.5 a 12.5 micron), per misurare la temperatura superficiale delle nubi, il sistema acquisiva, assieme a una serie di dati puntuali per lo studio dell'atmosfera, una serie di bande spettrali nel visibile e vicino infrarosso con cui era possibile effettuare correzioni geometriche e proiezioni cartografiche, tipicamente secondo Mercatore, e ottenere mappe di classificazioni tematiche, di indici di vegetazione, di temperatura, ed altri prodotti, tutti alla scala chilometrica delle osservazioni da satellite geostazionario, ma con elevata ripetitività temporale, dell'ordine di 15'.

A seguito dell'istituzione di un corso di Sistemi di Telerilevamento, presso la Laurea Specialistica in Telecomunicazioni, sono iniziate attività a tutto tondo con dati ottici e termici prodotti anche da sistemi eliosincroni con orbita quasi-polare, e quindi risoluzioni a terra decametriche e tempi di rivisitazione, sempre alla stessa ora locale, dell'ordine di settimane. La generazione culminata con il satellite LandSat 7 della NASA, lanciato

Luciano Alparone, University of Florence, Italy, [luciano.alparone@unifi.it](mailto:luciano.alparone@unifi.it), 0000-0002-8984-938X

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Luciano Alparone, *Trent'anni di osservazione della Terra alla Scuola di Ingegneria di Firenze*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.06, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 25-30, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

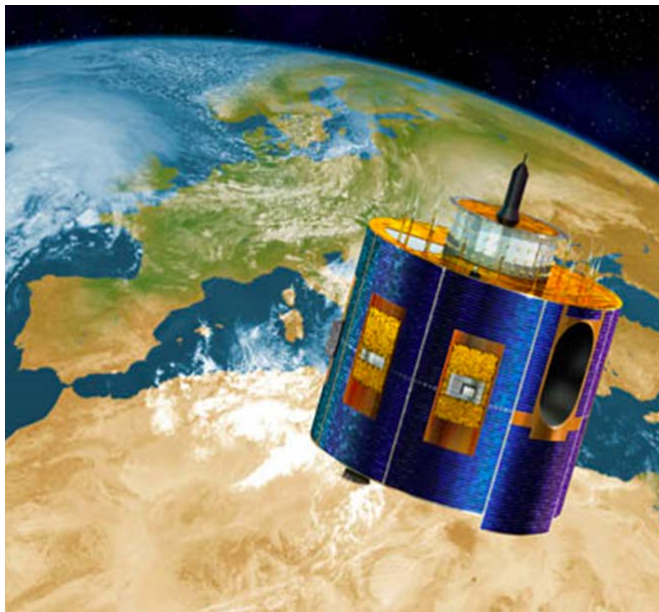


Figura 6 – Una visione ‘artistica’ di un satellite della costellazione MeteoSat che guarda l’Europa dall’orbita geosincrona.

nel 1999 ed equipaggiato col sensore ETM+ (Enhanced Thematic Mapper+), rappresenta un punto di riferimento.

Dopo il pensionamento nel 2004, del collega Pier Franco Pellegrini, promotore delle attività sopra riportate, ho avuto l’opportunità di ereditarne il corso. In precedenza, intorno al 1997, avevo iniziato con l’IFAC-CNR, all’epoca IROE, una fortunata collaborazione su temi di elaborazione di immagini applicata a dati telerilevati multibanda. Grazie alla presenza della banda pancromatica, i dati prodotti dalla generazione dei satelliti SPOT, acronimo francese di «sistema per l’osservazione della terra» erano il candidato ideale per sperimentare le nuovissime tecniche di fusione ‘pan-sharpening’, neologismo coniato nel 2003, ma di fatto praticato fin dal 1987. Era da poco iniziata la generazione dei sensori multispettrali (MS) ad altissima risoluzione (risoluzione uguale a un metro o superiore), iniziata con IKONOS-2 (di IKONOS-1 fallì il lancio), che offriva quattro bande multispettrali a 4 m e una banda pancromatica (Pan) a 1 m. A seguito, nel 2001, arrivò QuickBird-2 (stesso infausto esito per il primo lancio), con risoluzione a terra di 2.8 m per MS e 0.7 per Pan. Nonostante siano stati entrambi dismessi nel 2015, questi satelliti hanno costituito una pietra miliare per l’OT su piccolissima scala.

Negli ultimi vent’anni, l’OT da sensori ottici, anche iperspettrali, con oltre 200 bande nell’intervallo coperto dalla radiazione solare (da 0.4 a 2.5 micron), ha avuto notevole impulso presso il DET, in seguito ridenominato DINFO, con una cospicua produzione scientifica, supportata da una adeguata attività progettuale. A coronamento del primo ventennio di attività in OT, iniziata nel 1994, nel 2015 è stato pubblicato un volume monografico di oltre 350 pagine sulla fusione di immagini telerilevate da satellite, con autori congiunti, due di IFAC-CNR e uno del DIIMT, Università di Siena: L. Alparone, B. Aiazzi, S. Baronti, A. Garzelli, *Remote Sensing Image Fusion* edito dall’americana CRC Press. Il libro condensa l’attività pregressa nel campo della fusione e dell’elaborazione di immagini telerilevate in generale.

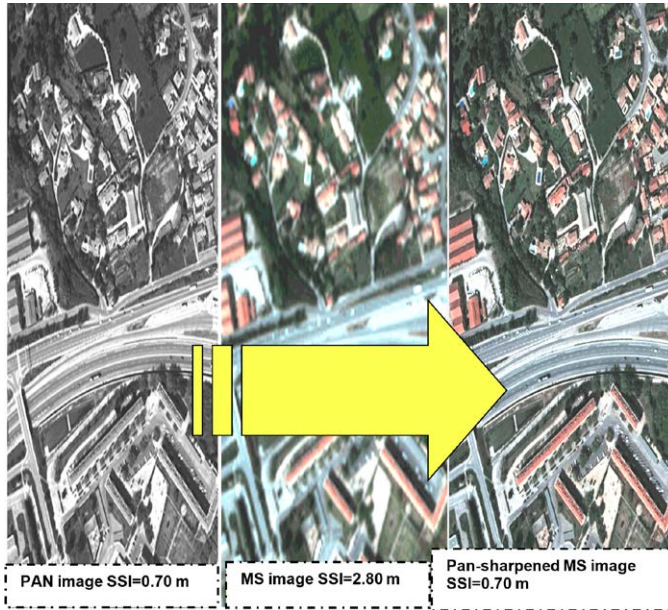


Figura 7 – Esempio di Pansharpining di dati QuickBird rappresentati in vero colore (RGB): il dato MS ha 2.8 m di risoluzione a terra (SSI); il prodotto Pan-sharpened ha la stessa risoluzione a terra del dato Pan, 0.7 m.

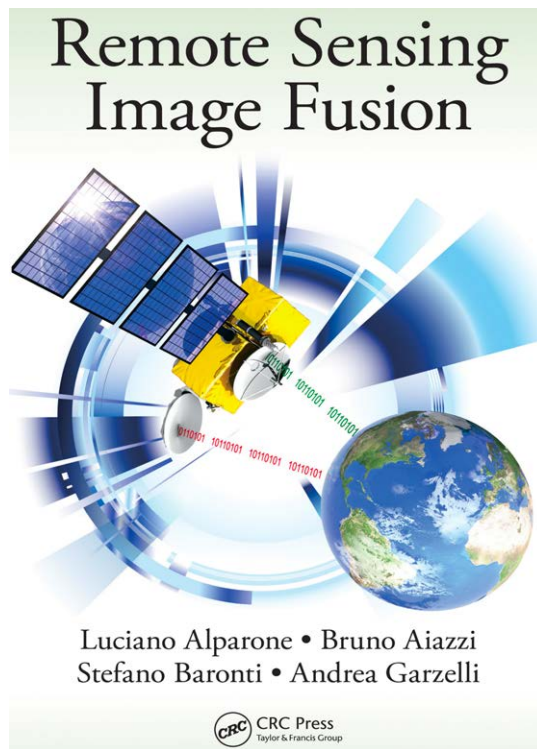


Figura 8 – Copertina del volume monografico Remote Sensing Image Fusion.

Un ulteriore impulso è arrivato con il lancio della generazione di satelliti a risoluzione estrema (EHR), meno di 0.5 m per il Pan, e la disponibilità di otto bande nel visibile e vicino infrarosso (VNIR) allocate su due strumenti distinti. Dopo WorldView-1, che prevedeva solo un Pan a 0.5 m, nel 2009 è stato lanciato WorldView-2 (2 m MS, 0.5 m Pan), seguito nel 2013 da WorldView-3 (1.6 m MS, 0.4 m Pan). Quest'ultimo dispone di otto bande nell'infrarosso a onda corta (SWIR), con risoluzione tre volte minore di quella del VNIR. La missione più recente, WorldView-4, aveva solo quattro bande MS a 1.2 m e Pan a 30 cm. Sfortunatamente, dal 2019 non è più operativo a causa di un guasto a uno dei giroscopi.

Queste tipologie di dati a risoluzione estremamente spinta hanno aperto nuovi orizzonti e prospettive applicative, ma anche creato dei problemi, fino ad ora trascurati, di consistenza, qualità e integrità dei dati su cui opera la fusione. Le correzioni geometriche e il processo di geo-codifica, che rende l'immagine rilevata lungo l'orbita satellitare sovrapponibile a una carta geografica, richiedono dei modelli digitali di elevazione (DEM) di adeguata risoluzione spaziale. I DEM standard, prodotti tipicamente a 10 m, non sono pienamente adeguati a dati di risoluzione intorno al metro. Ne consegue che l'errore massimo di localizzazione spaziale garantito dal distributore è di 3 m, ma quel che è peggio i dati MS e Pan possono essere disallineati tra di loro, perché gli strumenti che li acquisiscono operano da punti diversi dell'orbita e quindi con diverse parallassi. Il disallineamento tra i dati prodotti da due strumenti è nel caso peggiore pari a 6 metri, che è pari al doppio dell'errore di geo-localizzazione delle singole tipologie di dati. Al momento, è in corso uno studio congiunto con il DIIMT di Siena sull'armonizzazione dei dati MS e Pan, che ne standardizza l'usabilità, rimuovendo automaticamente artefatti di 'aliasing', dovuti a insufficiente campionamento spaziale, motivato da vincoli di sistema, e disallineamenti locali, dovuti a mancata compensazione delle parallassi, a causa della ridotta risoluzione spaziale dei DEM disponibili.

Negli ultimi anni si è assistito a un'esplosione del numero di metodi di fusione, non più basati sui concetti classici dei due decenni precedenti, ma che prendono spunto da specifiche teorie matematiche, ad esempio, ragionamento bayesiano, super-risoluzione e decomposizioni sparse, ma soprattutto su metodologie dell'intelligenza artificiale (IA) basate su apprendimento. Le reti neurali convoluzionali (CNN) sono il boom degli ultimi anni. La loro capacità di apprendere a diverse scale e quindi su aree più o meno estese, le rende ideali per un approccio multi-risoluzione alla fusione. A dispetto della loro apparente versatilità, i metodi di fusione basati su architetture CNN non sono riproducibili e quindi i loro risultati sono imprevedibili. Inoltre, per il processo di apprendimento che opera su base blocchi di pixel, le immagini fuse presentano sempre artefatti vistosi, che influiscono poco sulla qualità globale, ma molto fastidiosi. L'attività portata avanti nel DINFO, in questo senso, è stata maggiormente rivolta ad analizzare i limiti e i difetti di questi metodi, piuttosto che a promuoverne l'uso e lo studio indiscriminato.

In anni recenti, grazie allo sforzo congiunto delle agenzie spaziali, europee e non europee, lo spirito pionieristico delle prime osservazioni della Terra ha trovato nuovo impulso nelle tecnologie della banda larga, che permettono a chiunque di connettersi con i server delle agenzie per accedere a dati pubblici di alta qualità, copertura globale della Terra e di buona ripetitività. Nell'ambito del progetto Copernicus dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA), sono accessibili dati ottici a 10, 20 e 60 m in una varietà di bande volte alla soluzione di problemi specifici, analisi della vegetazione, delle zone innevate, dei ghiacciai, addirittura dell'inquinamento atmosferico da aerosol. Grazie alla costellazione Sentinel-2 formata da due satelliti gemelli, i tempi di rivisitazione si sono ridotti a 5 giorni. In parallelo la missione LandSat della NASA è proseguita con i satelliti 8 e 9, l'ultimo operativo dal 2021. Entrambi montano il sensore OLI (Opera-

tional Land Imager) e il TIRS (Thermal Infra-Red Spectrometer), oltre a una banda pancromatica. Oltre alla fusione MS/Pan, diventa interessante valutare le potenzialità della fusione tra dati ottici e termici. I primi sono distribuiti nei formati riflettanza di superficie o radianza spettrale esootmosferica. Invece i dati termici sono di norma distribuiti come temperatura superficiale del terreno, anche se invertendo la curva di Planck, che definisce la radiazione termica della materia, è possibile convertirli in radianza spettrale superficiale. Quest'ultima diventa confrontabile con la riflettanza di superficie dei dati ottici. Tuttavia, non si può fare a meno di considerare che i dati ottici e termici sono tra loro eterogenei, non tanto come formati, che possono essere armonizzati, quanto come principi fisici su cui si fondano. Di conseguenza, la fusione non è più tra dati omogenei, come MS e Pan, ovvero una fusione unimodale, ma multimodale, come è tipico in ambito bio-medicale, in quanto le immagini da fondere sono prodotte da metodiche totalmente differenti. Questo comporta una serie di problemi non banali, anche solo per la valutazione della qualità dei dati fusi, dato che i consueti protocolli e indici statistici valgono solo per fusione unimodale. Negli anni, la valutazione di qualità del dato fuso è stata il motivo dominante dell'attività del DINFO, anche perché non si può stabilire se un metodo sia meglio di un altro, se non disponendo di misure di qualità affidabili. Si ricorda a proposito il riconoscimento dell'IEEE nel 2005 per il Best Paper Award del 2004. L'articolo riguarda una misura di qualità per immagini multibanda basata sulla teoria dei numeri ipercomplessi.

Dopo il lancio del primo satellite della generazione MeteoSat III, meno di due anni fa, l'attività si è rivolta, almeno in prospettiva, ad un problema annoso e di fatto insolubile con le tecnologie pregresse: la rivelazione precoce di incendi boschivi. Favorita dalla nuova disposizione delle bande e dalle nuove caratteristiche di risoluzione spaziale e soprattutto radiometrica delle bande nell'infrarosso termico, a cui è stata aggiunta una banda nel medio infrarosso, con lunghezza d'onda tra 3.5 e 5.5 micron, diventa abbordabile il problema di rivelare incendi la cui estensione sia addirittura lo 0.01% dell'area del pixel, che tipicamente è dell'ordine di uno o più chilometri quadrati, almeno nel Sud-Ovest dell'Europa. A fronte di una ripetitività delle acquisizioni di 10', o anche meno in modalità di crisi, in questo senso, diventa critica la sensibilità dei sensori che producono le varie bande e la possibilità di combinare informazioni complementari sul fronte dell'incendio e la zona fumante a temperatura via via decrescente. Purtroppo, mentre la rivelazione degli incendi ad un limitato grado di sviluppo, intorno al centinaio di metri quadri, è fattibile, le problematiche connesse alla gestione degli interventi umani per affrontare l'incendio risultano ancora di difficile attuazione. La presenza di MeteoSat III G non ha impedito lo scempio che gli incendi hanno fatto nei nostri territori anche quest'anno.

Al momento presente, le attività sono a una svolta. Da un lato lo studio e lo sviluppo di metodi di analisi/elaborazione/fusione sempre più sofisticati ed efficienti. Dall'altro, il consolidamento delle attività pregresse di una comunità scientifica, che svincolata da logiche di mercato, tende a perseguire finalità speculative, spesso avulse da contesti pratici e applicativi. In questo contesto, sarebbe interessante stabilire limiti e potenzialità della fusione basata su apprendimento. Nonostante lo sviluppo sorprendente della letteratura specialistica e la diffusione pervasiva dell'IA nella vita di ogni giorno, non se ne trova riscontro in un prodotto di vasto uso, come Google Earth, dove le immagini satellitari visualizzate sono tutte prodotti 'pan-sharpened' ottenuti con metodi estremamente consolidati e tradizionali; forse non al top delle prestazioni, ma veloci e prevedibili nei risultati, in quanto riproducibili e non parametrici.

Questa serie di considerazioni vuole mettere in luce come la ricerca scientifica volta a migliorare la qualità dell'esistenza umana, nel caso presente le metodologie per il

monitoraggio dell'ambiente in cui viviamo, deve sempre raffrontarsi con lo sviluppo tecnologico, che in un certo senso ne motiva l'esistenza. Se il telerilevamento ambientale ha avuto tanto sviluppo negli ultimi decenni è perché qualcuno ha pensato bene di dispiegare tecnologie avanzate e costose, sviluppate in prevalenza in ambito militare, per la soluzione di problemi legati all'inquinamento ambientale, alla gestione delle risorse agro-alimentari, allo studio dei cambiamenti climatici, al monitoraggio di eventi critici di natura geofisica e/o meteorologica. In trent'anni di lavoro, didattico presso la Scuola di Ingegneria, di ricerca presso il DET e poi il DINFO, assieme ai collaboratori che si sono avvicinati nel tempo, ho sempre cercato di perseguire l'intento di fornire, con onestà intellettuale e abnegazione, quello che è il principale e, secondo me, anche l'unico, prodotto della ricerca: qualcosa che non si improvvisa né tantomeno si compra, la conoscenza, in un mondo dove sembra che il detto 'sapere è potere' funzioni alla rovescia.

# La collaborazione tra DINFO e Nuovo Pignone sui sistemi di controllo avanzati e diagnosi dei guasti per turbomacchine

*Michele Basso, Giovanni Donati, Alberto Tesi*

Baker Hughes Company è una multinazionale attiva nel settore dei servizi, delle tecnologie e delle attrezzature per l'industria petrolifera e del gas. Baker Hughes in Italia opera principalmente tramite la società Nuovo Pignone, specializzata nella progettazione e produzione di turbomacchine, e si occupa di fornire soluzioni innovative per l'estrazione, la produzione e il trasporto di risorse energetiche. La consolidata partnership tra il DINFO e Nuovo Pignone si è concentrata in tempi recenti sulla ricerca avanzata con oggetto le turbomacchine equipaggiate con cuscini magnetici attivi (Active Magnetic Bearings – AMB). L'obiettivo è il miglioramento delle prestazioni e la diagnosi dei guasti, sfruttando maggiormente le potenzialità dei cuscini magnetici attivi come 'smart devices'.

Nel corso dell'ultimo decennio, gli AMB hanno registrato un crescente impiego in diverse applicazioni rotodinamiche, spaziando dalle pompe turbomolecolari di dimensioni ridotte per applicazioni mediche ai grossi compressori per applicazioni nell'ambito dell'energia, con potenze nell'ordine dei megawatt. Gli AMB sono composti da una serie di elettromagneti progettati per far levitare il rotore rispetto allo statore. A differenza dei tradizionali cuscini a rotolamento o ad olio, gli AMB eliminano completamente gli attriti tra statore e rotore, con conseguenti vantaggi per il sistema. L'assenza di attrito consente velocità di rotazione più elevate, aumenta l'efficienza del sistema, elimina la necessità di ingombranti sistemi di lubrificazione e, riducendo l'usura, la necessità di frequenti manutenzioni preventive. Queste caratteristiche rendono l'utilizzo degli AMB molto conveniente per applicazioni sottomarine ed 'off-shore'. Nelle turbomacchine ci sono tipicamente due cuscinetti radiali, ciascuno con due assi di controllo, e un cuscinetto reggispinta con un asse di controllo. In Figura 9 è riportato uno schema di un AMB radiale (di tipo eteropolare) e di una turbomacchina equipaggiata con AMB (expander-compressor). La Figura

Michele Basso, University of Florence, Italy, [michele.basso@unifi.it](mailto:michele.basso@unifi.it), 0000-0002-1526-7715  
Giovanni Donati, University of Florence, Italy, [giovanni.donati@unifi.it](mailto:giovanni.donati@unifi.it), 0000-0001-9316-6779  
Alberto Tesi, University of Florence, Italy, [alberto.tesi@unifi.it](mailto:alberto.tesi@unifi.it), 0000-0002-0234-5999

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Michele Basso, Giovanni Donati, Alberto Tesi, *La collaborazione tra DINFO e Nuovo Pignone sui sistemi di controllo avanzati e diagnosi dei guasti per turbomacchine*. © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.07, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 31-34, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

10 mostra una foto di un expander-compressor prodotto da Baker Hughes Company equipaggiato con AMB.

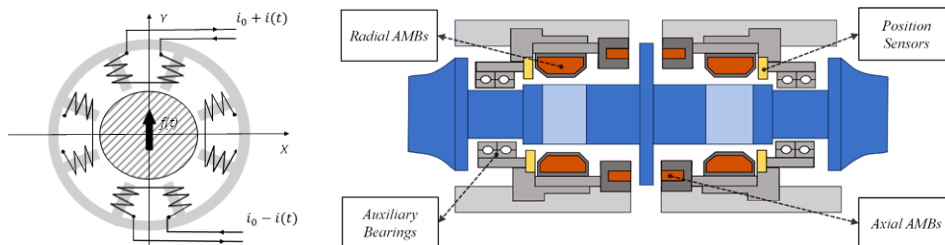


Figura 9 – Schematico di un impianto AMB (expander-compressor) e di un cuscinetto magnetico radiale (eteropolare).

Gli elettromagneti di cui sono composti gli AMB sono controllati in corrente in modo da generare forze diverse sul rotore di materiale ferromagnetico: regolando tali correnti è possibile generare diverse forze sul rotore in modo da mantenerlo al centro del traferro. A causa dell'instabilità intrinseca degli AMB, i sistemi AMB sono sempre inseriti in un sistema ad anello chiuso. Tale sistema ad anello chiuso è riassunto dalla Figura 11. Il design del controllore e la scelta degli altri componenti del sistema ad anello chiuso determinano il comportamento dinamico e le performance del sistema AMB, ovvero lo smorzamento e la rigidità dei cuscinetti.

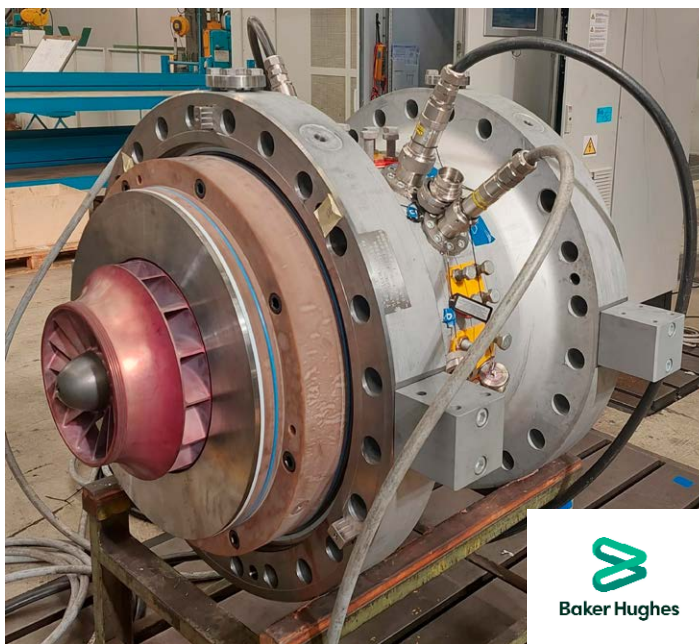


Figura 10 – Foto di una turbomacchina (expander-compressor) equipaggiata con AMB prodotta da Baker Hughes Company.

Nonostante le numerose alternative presenti in letteratura, i PID restano tra le strutture di controllo più utilizzate nelle applicazioni industriali di AMB. In particolare, i sistemi di controllo PID avanzati (regolatori PID coadiuvati da reti di compensazio-

ne del I e II ordine in serie) sono diventati popolari per la loro versatilità, precisione, efficienza ed efficacia in termini di costi nell'industria. La loro adattabilità a processi in evoluzione, come nei sistemi di turbomacchine con dinamiche variabili nel tempo, li rende ideali. Tuttavia, la fase di tuning di questi controllori è critica e complessa, richiedendo iterazioni manuali basate sull'esperienza. In questo contesto, l'attività di ricerca svolta in collaborazione è stata incentrata nel determinare un metodo efficace per il tuning automatico dei controllori PID avanzati, offrendo un nuovo approccio per ottimizzare le prestazioni del sistema e conformarsi alle normative vigenti. Poiché il metodo di tuning automatico sviluppato è basato sul modello del sistema, uno degli aspetti fondamentali della ricerca svolta è stato quello di sviluppare una procedura di identificazione accurata del modello a partire dai dati sperimentali. L'approccio di tuning automatico sviluppato si basa su algoritmi di ottimizzazione non-smooth per determinare i parametri dei PID avanzati. Il tuning automatico è volto ad ottimizzare certi requisiti prestazionali ed allo stesso tempo garantire i requisiti minimi imposti dalle normative, tenendo in considerazione alcuni parametri incerti del sistema (come la velocità di rotazione del rotore), per garantire una certa robustezza a variazioni nel processo e a possibili incertezze nelle misure.

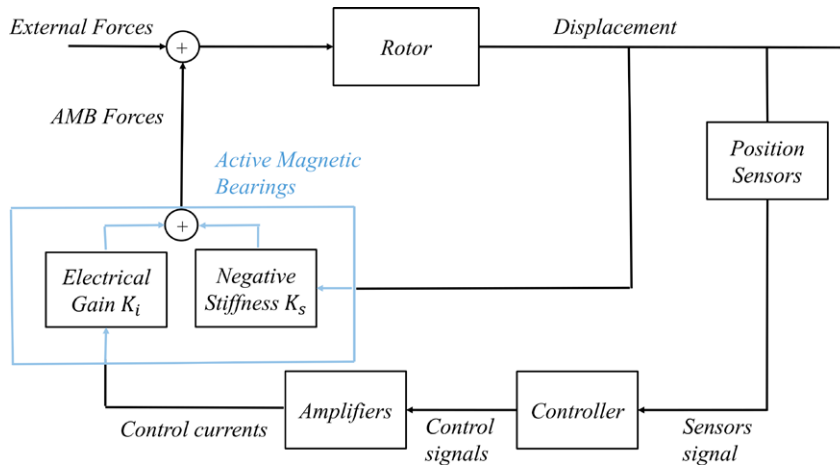


Figura 11 – Diagramma a blocchi di un sistema AMB ad anello chiuso.

Per quanto riguarda i guasti, un'altra parte dell'attività di ricerca si è incentrata sullo sviluppo di tecniche di diagnosi dei guasti tramite l'utilizzo di reti neurali convoluzionali (Convolutional Neural Network – CNN). Tradizionalmente, la diagnosi dei guasti si basava sull'analisi dei segnali nel dominio del tempo e della frequenza. Tuttavia, l'attività di ricerca svolta propone un approccio che sfrutta un dizionario dei guasti costituito da immagini di segnali, nel dominio del tempo, per addestrare una semplice rete neurale convoluzionale. Prendendo come sorgenti i segnali elettrici disponibili, delle orbite generalizzate vengono costruite e convertite in immagini 2D discrete che vengono utilizzate per riempire un dizionario dei guasti. Per sfruttare la conoscenza memorizzata nel dizionario dei guasti, è stato sviluppato un classificatore basato su CNN, particolarmente adatto per la classificazione delle immagini, ed addestrato con gli esempi nel dizionario dei guasti. In caso di guasto, la rete neurale addestrata ha lo scopo di identificare il componente difettoso e il tipo di guasto che si è verificato. Il dizionario dei guasti è stato ottenuto tramite simulazioni del modello del sistema AMB regolato in modo da rappresentare accuratamente il sistema reale. Ri-

petto ad altri metodi proposti in letteratura che si basano sull'analisi dei segnali nel dominio del tempo, l'approccio proposto, perdendo la dipendenza dal tempo, sfrutta il potenziale degli AMB come sistemi intelligenti, permettendo di sviluppare un sistema diagnostico senza costi computazionali eccessivi.

# Bioingegneria e diagnostica per immagini: l'esperienza di EidoLab

Leonardo Bocchi, Leonardo Manetti

La diagnostica per immagini è uno dei campi di ricerca storici della Bioingegneria fiorentina. In questo campo sono state svolte numerose attività di ricerca destinate al supporto della diagnostica medica, in tutte le sue forme.

Questa tematica è anche al centro delle attività di Imaginalis S.r.l., nata come *spin-off* dedicata allo sviluppo di sistemi radiologici basati su tecnologia Cone Beam Computed Tomography, prima nel campo veterinario e poi per applicazioni nell'uomo.

Dall'unione di queste due esperienze è nata una collaborazione, proseguita negli anni, che ha portato recentemente alla realizzazione di un Laboratorio Congiunto, denominato EidoLab, che si è mostrato come un valido centro di attrazione e di stimolo per l'attività di ricerca; afferiscono al laboratorio infatti cinque dottorandi di ricerca, di cui tre di tipo industriale, oltre a numerose attività riguardanti assegni di ricerca, tesi di laurea, partecipazioni a progetti di ricerca.

EidoLab si occupa quindi dell'intera catena di generazione ed elaborazione immagini, come ad esempio:

- identificazione del movimento del paziente durante la scansione; questo è un problema molto frequente, che può portare anche alla necessità di dover ripetere l'esame radiologico; il sistema allo studio analizza il movimento del paziente, cercando di caratterizzarlo con la massima precisione possibile, al fine di compensarlo e poter ottenere un'immagine di elevata qualità diagnostica;
- identificazione e correzione di artefatti metallici; la presenza di un metallo, ad alta attenuazione, è un altro fattore di degrado dell'immagine TC, generando artefatti dal caratteristico aspetto 'a stella';
- riconoscimento e segmentazione dei tessuti;
- studio delle proprietà strutturali dei tessuti e radiomica;
- registrazione di immagini multimodali;

Leonardo Bocchi, University of Florence, Italy, leonardo.bocchi@unifi.it, 0000-0001-5109-3399

Leonardo Manetti, University of Florence, Italy, leonardo.manetti@unifi.it, 0000-0002-0703-732X

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Leonardo Bocchi, Leonardo Manetti, *Bioingegneria e diagnostica per immagini: l'esperienza di EidoLab*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.08, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 35-36, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

- visualizzazione fotorealistica;
- planning e supporto intraoperatorio;
- navigazione 3D e analisi spaziale intraoperatoria.

# Ingegneria e radioastronomia a Firenze

*Pietro Bolli, Renzo Nesti, Giuseppe Pelosi, Gianni Tofani*

L'attività di ricerca sulla Radioastronomia presso l'Osservatorio Astrofisico di Arcetri, che oggi fa parte dell'INAF (Istituto Nazionale di Astrofisica), rappresenta una 'eccellenza' fiorentina, che si innesta, a partire dagli anni '60, con la direzione di Guglielmo Righini, su una lunga tradizione scientifica nell'ambito dell'Astronomia, che ebbe le sue origini a Firenze con la costruzione della 'Specola', il primo osservatorio astronomico, annesso al Regio Museo di Fisica e Storia Naturale, costruito alla fine del XIX secolo su volere del granduca Pietro Leopoldo di Lorena.

La Radioastronomia, che ha assunto sempre maggiore rilievo per lo studio dei meccanismi di formazione delle stelle, e dell'origine e formazione dell'universo visibile, della dinamica e dell'evoluzione delle galassie, si basa sull'analisi della radiazione elettromagnetica emessa dai corpi celesti nel dominio delle radiofrequenze (nel *range* di frequenze che va da pochi MHz alle 'microonde'). Larga parte di questa radiazione penetra attraverso l'atmosfera terrestre e può essere misurata a terra con i radiotelescopi, ovvero telescopi operanti nelle bande radio, la cui tecnologia è basata largamente su tecniche usate anche nei campi delle telecomunicazioni.

Nella progettazione di un radiotelescopio assume particolare importanza l'accoppiamento fra l'antenna, in genere una superficie di raccolta della radiazione, ed il sistema di ricevitore, che permette l'analisi del segnale. Le perdite di disadattamento o di assorbimento nei componenti passivi, nonché le non perfette condizioni geometriche di superficie di raccolta della radiazione, sono un campo d'indagine di particolare interesse nel bilancio dell'efficienza di un radiotelescopio i cui costi complessivi sono dell'ordine dei milioni di euro.

Da alcuni anni si è consolidata la conoscenza e l'utilizzo di metodi di indagine, mediante analisi elettromagnetica complessa, per la progettazione di sistemi di collettori di radiazione nella zona focale di antenne variamente strutturate. Nel sistema di rice-

Pietro Bolli, Arcetri Astrophysical Observatory - INAF, Italy, [pietro.bolli@inaf.it](mailto:pietro.bolli@inaf.it), 0000-0001-8770-8316  
Renzo Nesti, Arcetri Astrophysical Observatory - INAF, Italy, [renzo.nesti@inaf.it](mailto:renzo.nesti@inaf.it), 0000-0003-0303-839X  
Giuseppe Pelosi, University of Florence, Italy, [Giuseppe.pelosi@unifi.it](mailto:Giuseppe.pelosi@unifi.it), 0000-0002-6826-0955  
Gianni Tofani, Arcetri Astrophysical Observatory - INAF, Italy

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Pietro Bolli, Renzo Nesti, Giuseppe Pelosi, Gianni Tofani, *Ingegneria e radioastronomia a Firenze*. © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.09, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 37-40, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5



Figura 12 – L'Osservatorio di Arcetri, una delle eccellenze della ricerca, per tradizione ed attività, nell'area fiorentina.



Figura 13 – In Sardegna, a circa 35 km da Cagliari, in località Pranu Sanguni, nel comune di San Basilio, è in fase di completamento un grandioso impianto scientifico, denominato SRT (*Sardinia Radio Telescope*). Si tratta di un radiotelescopio del diametro di 64 m, di concezione moderna, disegnato per applicazioni di Radioastronomia, Geodinamica e Scienze Spaziali, che si configura come una *facility* internazionale di altissimo profilo. Il gruppo di ricerca RF, Microonde ed Elettromagnetismo si è occupato dello studio di diverse problematiche relative al progetto elettromagnetico dell'antenna, tra cui vale la pena ricordare il progetto del *front-end* a 22 GHz per il fuoco gregoriano del radiotelescopio (i polarizzatori sono stati realizzati dalle società Pasquali Microwave Systems di Firenze, mentre le antenne a tromba dalla CLOEMA di Bagno a Ripoli).

vitore, di normale utilizzo nella catena di un radiotelescopio, anche gli elementi passivi di trasmissione e combinazione del segnale richiedono una fase di progettualità e ottimizzazione complessa per minimizzare le perdite d'inserzione, controllare la larghezza di banda passante e migliorare la purezza di polarizzazione.



Figura 14 – Array esagonale di sette antenne a tromba per il ricevitore in banda Q (33-50 GHz) del *Sardinia Radio Telescope* (SRT) realizzato dalla CLOEMA, una officina meccanica di precisione di Bagno a Ripoli (Firenze).

Lo sviluppo dei metodi di analisi elettromagnetica sopramenzionati è una delle attività principali dell'Osservatorio di Arcetri, che in questo ambito, ormai da circa vent'anni, ha stretto una proficua collaborazione con il Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni (adesso Ingegneria dell'Informazione), attraverso il gruppo di ricerca in RF, Microonde ed Elettromagnetismo. Questo filone di ricerca ha dato vita, negli anni, a numerosi progetti scientifici per lo studio, l'ottimizzazione e la realizzazione dei diversi dispositivi elettromagnetici che costituiscono un sistema di antenna per applicazioni di radioastronomia, a partire dai *feed* per le antenne a riflettore, fino ad arrivare ai dispositivi passivi a microonde, che costituiscono i primi stadi del ricevitore di un radiotelescopio. Su queste tematiche il Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni insieme all'Osservatorio di Arcetri hanno partecipato attivamente alla ricerca e sviluppo di tecnologie elettromagnetiche nelle bande radio, anche attraverso i vari progetti nazionali, coordinati dall'INAF, e i grandi progetti internazionali, coordinati da consorzi stabiliti *ad hoc* (progetti ALMA, Atacama Large Millimeter Array, e SKA, Square Kilometer Array) o guidati da agenzie spaziali (progetto Planck dell'Agenzia Spaziale Europea).

I gruppi di ricerca dell'INAF, che si occupano di radioastronomia, hanno una *leadership*, riconosciuta a livello internazionale – dall'ESA (European Space Agency), dalla NASA (National Aeronautics and Space Administration) e dall'ESO (European Southern Observatory) – per il progetto, la modellizzazione e le misure di sistemi ottici complessi. Una tale 'eccellenza', oltre a rappresentare un motivo di orgoglio per la ricerca italiana, consente di irrobustire e migliorare le competenze dell'industria nazionale, attraverso la stretta collaborazione tra gli enti di ricerca e le realtà manifattu-

riere locali, con le quali si è stabilito un continuo scambio di *know-how* e trasferimento tecnologico, per la produzione su piccola scala di componentistica (*feed*, polarizzatori, filtri in guida, accoppiatori) a frequenze fino a circa 200 GHz.



Figura 15 – Veduta aerea del Chajnantor Plateau, l’altipiano situato a 5000 m di altitudine sulle Ande Cilene che ospita l’array di antenne di ALMA [Clem & Adri Bacri-Normier (wingsforscience.com)/ESO].

A questo proposito vale la pena citare l’ottima esperienza italiana nelle tecniche di elettroformatura, che consentono la realizzazione ad elevata precisione meccanica di dispositivi passivi con prestazioni spinte (larghezza di banda passante istantanea tipicamente maggiore del 20%, purezza di polarizzazione, massa e dimensioni contenute), operanti a frequenze di lavoro sempre maggiori. Nell’area locale vale la pena citare le ditte Pasquali Microwave Systems e CLOEMA.

Queste competenze sono state utilizzate per ricevitori montati su radiotelescopi sia italiani che internazionali, come ad esempio ALMA, i cui collettori, per le antenne realizzate sotto responsabilità ESO, saranno forniti dalla ditta Media Lario Technologies, nata di fatto da uno *spin-off* di istituti INAF per la realizzazione degli specchi della missione XMM (*X-ray Multi-Mirror*).

# La barchetta magica: l'attraversamento dell'Oceano Atlantico in solitaria da parte di un drone a vela autonomo

*Enrico Boni, Marco Montagni, Luca Pugi*

Nel settembre 2019 un gruppo di ricercatori della Scuola di Ingegneria ha dato il via ad un'impresa storica: un piccolo drone marino a vela, la 'barchetta magica', della lunghezza inferiore a 2 m, è stato lanciato dalle isole Canarie per compiere la traversata in solitaria dell'oceano Atlantico, con destinazione Antigua, Caraibi, dovendo coprire una distanza di circa 4000 km in linea d'aria.

L'iniziativa parte dall'attività dell'Ing. Marco Montagni, prima studente magistrale e successivamente assegnista di ricerca. Durante l'attività di tesi di Laurea Magistrale, l'Ing. Montagnani, affiancato dai Proff. Enrico Boni e Luca Pugi, ha realizzato parte della sensoristica necessaria alla barca autonoma, in particolare un avanzato anemometro vettoriale ad ultrasuoni, necessario alla corretta misura del vento, che è un parametro essenziale su una barca a vela. Successivamente, anche grazie ad un finanziamento ricevuto dalla Fondazione CR di Firenze, e a molti altri sponsor che hanno creduto nell'iniziativa, ha completato il veicolo, anche con l'aiuto di molti studenti entusiasti che hanno potuto effettuare la loro attività di tesi su un progetto di sicuro fascino.

La 'barchetta magica' è equipaggiata con sistemi di posizionamento globale (GPS) e sistemi inerziali (IMU e bussole elettroniche) che le consentono di poter calcolare in ogni momento la posizione e l'assetto, e decidere quindi la rotta per arrivare ai punti di navigazione preimpostati. L'anemometro vettoriale permette poi di regolare in modo ottimale l'angolazione delle vele per ottenere il massimo della spinta. Le vele presentano un sistema di chiusura automatica, in caso di forte vento, al fine di evitare ribaltamenti e strappi dei tessuti. Il drone può comunicare con il centro di controllo alla Scuola di Ingegneria tramite un sistema di comunicazione satellitare Iridium, che garantisce la copertura della connessione su tutta la superficie terrestre. Tramite questo sistema di comunicazione il drone comunica la propria posizione ed invia lo stato dei vari sistemi di bordo. In caso di malfunzionamenti o previsioni di tempo avverso è possibile

Enrico Boni, University of Florence, Italy, [enrico.boni@unifi.it](mailto:enrico.boni@unifi.it), 0000-0002-9899-8782

Marco Montagni, University of Florence, Italy, [marco.montagni@unifi.it](mailto:marco.montagni@unifi.it)

Luca Pugi, University of Florence, Italy, [luca.pugi@unifi.it](mailto:luca.pugi@unifi.it), 0000-0001-7385-9471

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Enrico Boni, Marco Montagni, Luca Pugi, *La barchetta magica: l'attraversamento dell'Oceano Atlantico in solitaria da parte di un drone a vela autonomo*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.10, in Stefano Sellari, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 41-42, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

interrompere la navigazione autonoma e prendere il controllo del mezzo a distanza, ad esempio per impostare una rotta differente al fine di evitare tempeste tropicali.

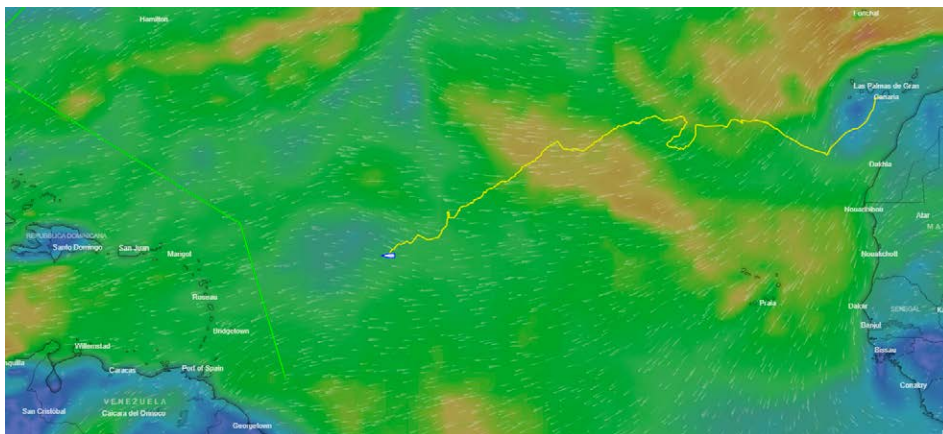


Figura 16 – Percorso effettuato dal drone.

Tutta l'elettronica di bordo è alimentata da un pacco batterie al litio in configurazione duale ridondante, caricato da pannelli solari ad alta efficienza appositamente costruiti per il prototipo.

Purtroppo, a fine gennaio 2020, si sono persi i contatti del drone, quando questo si trovava ormai all'80% del percorso effettuato, circa 3500 km in linea d'aria e 5000 km percorsi in mare. Mancavano solo 1000 km per raggiungere le coste caraibiche, ma un imprevisto, di cui purtroppo non sapremo mai niente, ha interrotto tutte le comunicazioni, e con esse la speranza di ritrovare il dispositivo.



Figura 17 – La barca alle Canarie, prima della partenza.



Figura 18 – L'Ing. Marco Montagnani, il giorno del lancio della missione.

# Un percorso espositivo attraverso la tecnologia dei calcolatori

Giacomo Bucci

Nel 2019 presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione è stata avviata la costituzione di un 'museo' di Calcolatori e di apparati ad essi strettamente collegati.

L'intento è quello di rendere visibile e far apprezzare, sia agli studenti sia ai visitatori, il rapido svilupparsi della tecnologia dei calcolatori elettronici nel corso degli anni.

A molti è nota la cosiddetta legge di Moore (uno dei fondatori dell'Intel). Essa afferma che «la complessità di un microcircuito, misurata ad esempio tramite il numero di transistori per chip, raddoppia ogni 18 mesi»<sup>1</sup>. Non si tratta ovviamente di una legge della fisica, quanto di una legge riguardante l'industriosità umana. In termini generali, assumendo che la potenza di un dispositivo di calcolo sia proporzionale al numero di transistori in esso impiegati, la legge afferma che la potenza dei calcolatori raddoppia ogni 18 mesi. Detta in altro modo, ciò equivale ad affermare che nei prossimi 18 mesi ci sarà un progresso pari a quanto l'umanità ha fatto fino ad oggi. Sembrerà impossibile, ma è stato osservato che la capacità di elaborazione dei microprocessori nel quasi cinquantennio trascorso è andata aumentando, sostanzialmente, secondo questa 'legge', come evidenziato in Figura 19, anche se nell'ultimo decennio il tasso di crescita ha subito un certo rallentamento.

Ad oggi, il Museo non dispone del 4004 di Intel, il primo microprocessore della storia introdotto nel 1971: disgraziatamente i pochi esemplari acquistabili in Internet, sempre pretesi funzionanti dai venditori, hanno prezzi esagerati. È invece presente un esemplare di 8008, il primo microprocessore a 8 bit, introdotto nel 1972. Non manca il micro 8086, né il fratello minore l'8088 (quello usato nel primo PC IBM-compatibile). L'8086 ha rappresentato una pietra miliare nello sviluppo dei calcolatori: è stato il

<sup>1</sup> Originariamente, nei primi anni '60, Moore aveva sentenziato che il raddoppio avveniva ogni 12 mesi. Nel corso degli anni questo intervallo temporale è stato più volte variato. Da un pezzo è fermo a 18 mesi.

capostipite di quella che è passata sotto il nome di architettura X86. I microprocessori della corrente generazione che troviamo nei nostri PC, discendono nella loro quasi totalità dal lontano 8086. Ma anche molti super-computer sono costruiti mettendo assieme migliaia (centinaia di migliaia) di processori riconducibili all'architettura X86 (come ad esempio i processori della famiglia denominata Xeon).

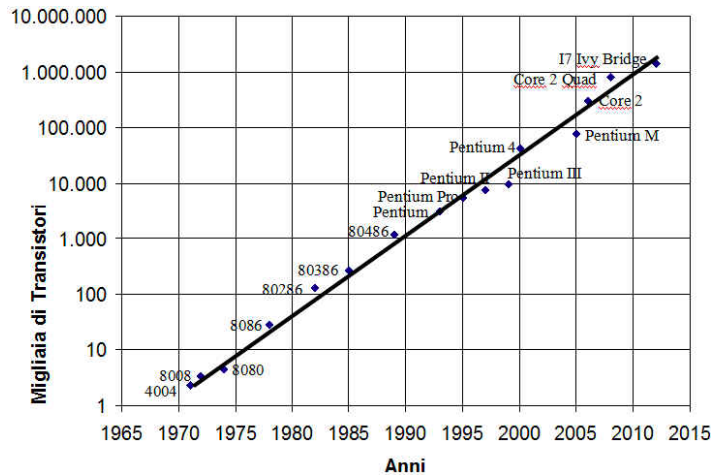


Figura 19 – Aumento del numero dei transistori nei microprocessori Intel nell'arco di tempo 1971-2012.

Ovviamente, in mostra vi sono anche esemplari di microprocessori e microcontrollori non riconducibili all'architettura X86, come il Motorola 68000 e il PowerPC. In particolare, i calcolatori personali Apple in esposizione hanno al loro interno un processore di queste due ultime famiglie. La foto di Figura 20, a sinistra, fa vedere parte della mostra dedicata ai microprocessori.

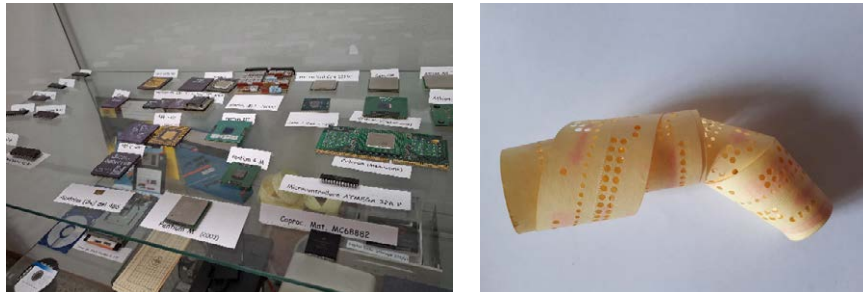


Figura 20 – A sinistra, i microprocessori presenti in mostra; a destra, esemplare di nastro di carta perforato.

Una parte dell'esposizione è dedicata alle memorie. Merita menzionare una memoria a nuclei magnetici (core) di un calcolatore Olivetti degli anni '50, presumibilmente un Elea. Sono presenti un paio di schede di memoria degli anni '70 e, naturalmente, alcuni moderni moduli di memoria che montano integrati ad alta densità. Non mancano le memorie di massa (unità a disco flessibile, nastri magnetici e dischi rigidi). In questo campo lo sviluppo della tecnologia è apprezzabile visivamente: si va da una 'paddella' di disco rigido degli anni '70, del diametro di 14", ai moderni dischi rigidi da 2,5".

Oltre ad alcuni esemplari di schede perforate è anche presente un nastro di carta perforato; questo supporto era molto diffuso negli anni '70, quando non di rado l'unico dispositivo di ingresso/uscita dei minicalcolatori era una semplice telescrivente equipaggiata con lettore e perforatore di nastro di carta. L'esemplare di nastro perforato in mostra appare a destra in Figura 20. Per quanto si riferisce ai sistemi di una certa dimensione, è presente una SPARCstation di fine anni '80 e la scheda madre di un server del 2005 circa. Non mancano le schede madri di calcolatori da tavolo, basati su micro X86 di differenti generazioni e su micro 68000 e PowerPC.

Una buona parte della mostra è dedicata ai PC portatili: si va da un M10 Olivetti (1983) e un Sinclair QL (1984), ai portatili di pochi anni addietro, passando attraverso i primi basati su X86 della seconda metà degli anni '80.

Il Museo comprende un paio di calcolatrici elettromeccaniche e un regolo calcolatore. Infine sono presenti alcune parti accessorie, come schede grafiche, dissipatori di calore, un 'cavo giallo' Ethernet e altro.

In conclusione il percorso espositivo è un viaggio che rende evidente lo sviluppo delle tecnologie elettroniche relative al mondo dei calcolatori. Si ritiene che esso sia un utile supporto anche per gli studenti, in quanto, data la crescente miniaturizzazione che tende a impacchettare quanti più componenti possibili entro singoli chip, non è immediato riconoscere quali sono i blocchi fondamentali che compongono un calcolatore.

Come supporto alla mostra è stato redatto un documento scaricabile da Internet, nel quale tutti gli esemplari presenti vengono descritti in un certo dettaglio. Quando ritenuto necessario le descrizioni vengono contestualizzate, in modo da fornire una chiara visione di quel che si sta osservando. La parte finale del documento contiene un glossario dei termini e un capitolo in cui si mostra come si smonti e si rimonti un portatile.

Da ultimo, è doveroso ricordare che gran parte del materiale proviene dalla Scuola di Ingegneria dell'Università di Firenze, trattandosi di dispositivi ormai dismessi e disinventariati. Ma non va dimenticato il contributo di privati o persone non appartenenti alla Scuola che hanno voluto donare o rendere disponibili gli oggetti da essi posseduti.

#### Riferimenti bibliografici

Bucci, G. e E. Vicario. 2002. "Compositional validation of time-critical systems using communicating time Petri nets." *IEEE Transactions on Software Engineering* 21: 969-92.



# I controlli non distruttivi ad ultrasuoni e le sinergie con le aziende di alta tecnologia del territorio fiorentino

Lorenzo Capineri

Il laboratorio di Ultrasuoni e Controlli Non Distruttivi fu istituito dal professor Leonardo Masotti, ordinario di Elettronica Applicata, nel 1974 presso l'Istituto di Elettronica della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze. Uno degli aspetti caratterizzanti di questo laboratorio è stato lo sviluppo di ricerca applicata in sinergia con aziende di alta tecnologia presenti nel territorio fiorentino. A questo scopo è interessante riportare le ricerche applicate nel settore aerospaziale in cui operava l'azienda Proel Tecnologie, poi incorporata nella Laben nel 1995, situata nella splendida villa Lazzeri (nota anche come villa Trigona) nel Viale Machiavelli al numero 29 (Figura 21) nel centro storico di Firenze. L'azienda Proel Tecnologie svolse un ruolo fondamentale in supporto alla missione Tethered Satellite System ed ha sviluppato assieme alla NASA con il supporto dell'Agenzia Spaziale Italiana, parte della strumentazione per convertire l'energia magnetica in energia elettrica mediante lo srotolamento di un filo conduttore lungo circa 20 km nello spazio. Per questo esperimento furono sviluppati sistemi di alimentazione speciali in alta tensione, grazie al contributo ingegneristico della azienda El.En. fondata nel 1981 con sede a Campi Bisenzio dal Prof Leonardo Masotti e da altri soci. Per questo progetto fu necessario studiare, analizzare e caratterizzare i materiali isolanti e i dispositivi elettronici operanti in ambiente spaziale, quindi soggetti a diverse forme di radiazione, dai raggi cosmici ai flussi di elettroni, che potevano compromettere il funzionamento degli apparati operanti in vuoto. Furono quindi allestiti strumenti molto sofisticati, come il cannone elettronico, per caratterizzare tali strumenti in ambienti spaziali simulati nei laboratori allestiti nelle sale della villa nel Viale Machiavelli (Figura 22). Le scariche elettriche che potevano formarsi negli apparati elettronici in vuoto dovevano essere monitorate mediante sensori e circuiti elettronici capaci di rilevare passaggi di correnti elettriche impulsive estremamente piccole (o.d.g. 10 microampere) con tensioni di prova dell'ordine di 1 kV, e quindi fu sviluppata assieme al laboratorio di Ultrasuoni e Controlli Non Distruttivi una strumentazione dedicata a questo scopo. La caratterizzazione delle proprietà

Lorenzo Capineri, University of Florence, Italy, [lorenzo.capineri@unifi.it](mailto:lorenzo.capineri@unifi.it), 0000-0003-4432-3197

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Lorenzo Capineri, *I controlli non distruttivi ad ultrasuoni e le sinergie con le aziende di alta tecnologia del territorio fiorentino*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.12, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 47-51, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

dielettriche dei materiali per circuiti stampati fu effettuata dopo irradiazione con il cannone elettronico (vedi Figura 23). Un elemento innovativo fu portato in questo ambito grazie ad un progetto in collaborazione tra laboratorio ultrasuoni controlli non distruttivi e l'azienda Laben, finanziato dall' Agenzia Spaziale Italiana (ASI). Si pensò infatti all' osservazione sperimentale dell'effetto dell'emissione acustica indotto da una scarica elettrica mediante sensori piezoelettrici, sensori capaci di trasformare le onde ultrasoniche che si propagano nella struttura in segnali elettrici, peraltro, di debole ampiezza (decine di microvolt). Grazie alle conoscenze di elettronica e dei sistemi ad ultrasuoni presenti presso il laboratorio di ultrasuoni e controlli non distruttivi, si svilupparono sistemi di monitoraggio di tali scariche elettriche. Da questa attività scaturì un progetto finanziato dall'agenzia spaziale europea (ESA), per lo studio di scariche parziali all'interno di circuiti elettronici operanti in alta tensione. Il lavoro di ricerca rivolto allo studio delle scariche parziali mediante sensori piezoelettrici aprì a sua volta un filone di ricerca innovativo nel campo dello spazio, la diagnostica non distruttiva delle strutture realizzate con materiali compositi come le fibre di carbonio. Tali materiali in forma di strutture planari sottili, necessitano di sensori capaci di generare e di ricevere onde acustiche guidate all'interno dello spessore, che interferendo con possibili difetti non visibili perché situati all'interno del materiale, rilevano in maniera precoce anomalie che possono produrre un deterioramento delle prestazioni della struttura meccanica se non addirittura a guasti catastrofici per la missione. Ancora una volta la sinergia tra le competenze del laboratorio ultrasuoni controlli non distruttivi, che già si era occupato nel passato di dispositivi ad onda superficiale (SAW) (Prof. Leonardo Masotti – Atzeni 1975/76) e le esigenze dell'industria aerospaziale, ha portato alla realizzazione dei primi dispositivi piezoelettrici basati su film flessibili piezopolimerici con elettrodi interdigitati (a forma di pettine). Questo progetto fu finanziato dalla Agenzia Spaziale Europea (ESA) nel programma Innovative Triangle Initiative nel 2004 e coordinato dal Prof. Lorenzo Capineri, associato di Elettronica presso il Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni (vedi Figura 24). Durante lo stesso periodo, grazie al progetto finalizzato MADESS del MIUR, il laboratorio Ultrasuoni e Controlli Non Distruttivi assieme all'azienda El.En., stava sperimentando la realizzazione di matrici di sensori di tipo piroelettrico e la relativa elettronica di interfaccia per sistemi di controllo dei fasci laser industriali e medicali realizzati dalla stessa azienda. La realizzazione dei sensori a matrice di tipo piroelettrico fu concepita mediante l'ablazione laser della metallizzazione superficiale dei film piezoelettrici (vedi Figura 25). Questo metodo di realizzazione dei sensori fu brevettato dall'azienda El.En., il Dipartimento di Ingegneria Elettronica e Telecomunicazioni e l'istituto IFAC CNR di Sesto Fiorentino, e ha portato un'innovazione nella realizzazione rapida di sensori mediante il disegno CAD della forma degli elettrodi. Per questo sono stati utilizzati laser a CO<sub>2</sub> per ottenere una rapida ablazione della sola metallizzazione superficiale senza arrecare danni meccanici al film piezopolimerico (PVDF). Ancora una volta la sinergia tra le tecnologie sviluppate assieme ad aziende del territorio è stata proficuamente applicata per lo sviluppo di trasduttori ad onda guidata per il monitoraggio strutturale di bombole in composito per i vettori spaziali. Il progetto del sensore tramite simulazioni si basa sul disegno degli elettrodi a pettine che determina le caratteristiche del sensore, come la selezione del modo guidato, la direttività e la sensibilità. Questa recente ricerca è stata condotta sempre dal professor Lorenzo Capineri, grazie alla collaborazione con il gruppo di ricerca già presente nell'azienda Laben, poi confluita in Thales Alenia Space Italia, presso lo stabilimento dell'azienda Galileo di Campi Bisenzio. I sensori interdigitati ad onde acustiche guidate sono stati quindi validati su una bombola per propellente aerospaziale in fibre di carbonio avvolte su un contenitore in titanio. L'interesse per il monitoraggio strutturale di componenti in fibra di carbonio si è poi allargato anche per il settore automotive e per il monitoraggio di strutture cilindriche rea-

lizzate con diversi materiali compositi. Per poter integrare tali sensori realizzati in configurazione ad array come fasce adesive alla struttura, cosiddette 'smart-skin' (vedi Figura 26), è necessario sviluppare elettronica dedicata per ottimizzare le prestazioni del sistema in termini di consumo di potenza, semplicità di cablaggio, adattabilità alle caratteristiche di propagazione della struttura in prova. Questo tema di ricerca applicata ha recentemente trovato interesse per una collaborazione con Texas Instruments (USA) con lo scopo di realizzare nodi di sensori intelligenti ed ha portato recentemente ad un brevetto dell'Università di Firenze del disegno degli elettrodi interdigitati. Il futuro di questo tema di ricerca è rivolto alla realizzazione delle cosiddette 'smart-structures' di interesse principalmente per il settore aerospaziale ma anche per il settore dei trasporti. La ricerca continua e l'attività di terza missione con le aziende di alta tecnologia del territorio rimane uno dei cardini essenziali per il trasferimento tecnologico delle competenze sviluppate presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione.



Figura 21 – Prima (a sinistra) e seconda (a destra) sede della Proel Tecnologie nel Viale Machiavelli 31 a Firenze.

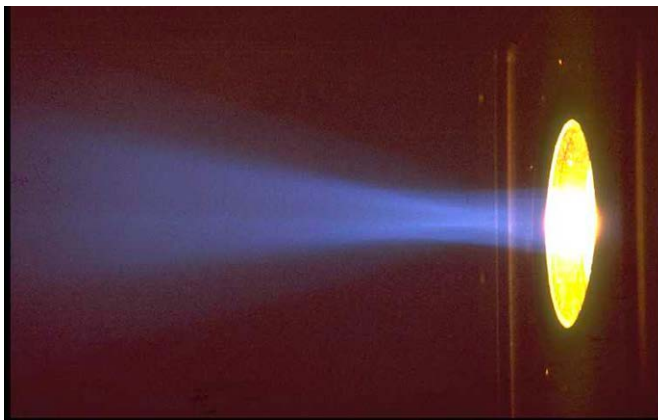


Figura 22 – L'EGA (Electron Gun Assembly) ha volato con successo in due missioni spaziali (TSS-1, nel 1992 e TSS-1R, nel 1996). Questo particolarissimo cannone elettronico (ad alta pervasività) è stato concepito, sviluppato e qualificato per consentire la chiusura del circuito elettrico tra le due estremità del Tethered Satellite System e la ionosfera, al fine di sperimentare la generazione di energia elettrica a bordo a scapito dell'energia orbitale del veicolo spaziale.

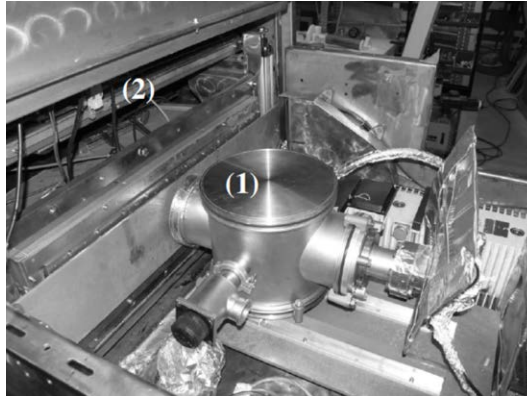


Figura 23 – E-beam test facility. The facility shows the vacuum chamber with dielectric material samples inside (1) and the E-beam accelerator (1).

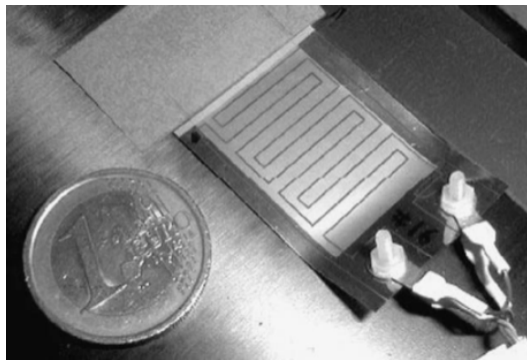
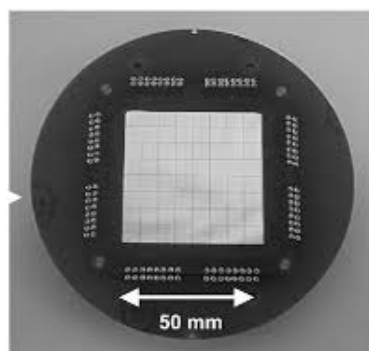


Figura 24 – Trasduttore ad ultrasuoni con elettrodi interdigitati sviluppato mediante ablazione laser con il progetto Innovation Triangle Initiative European Space Agency in collaborazione con Laben – Proel di Firenze.



assembly of the pyroelectric array. 50 mm × 50 mm

Figura 25 – Matrice 8x8 elementi piroelettrici per la caratterizzazione di fasci di laser di potenza a CO<sub>2</sub> per applicazioni industriali in collaborazione con El.En., progetto finalizzato MIUR, 2007.

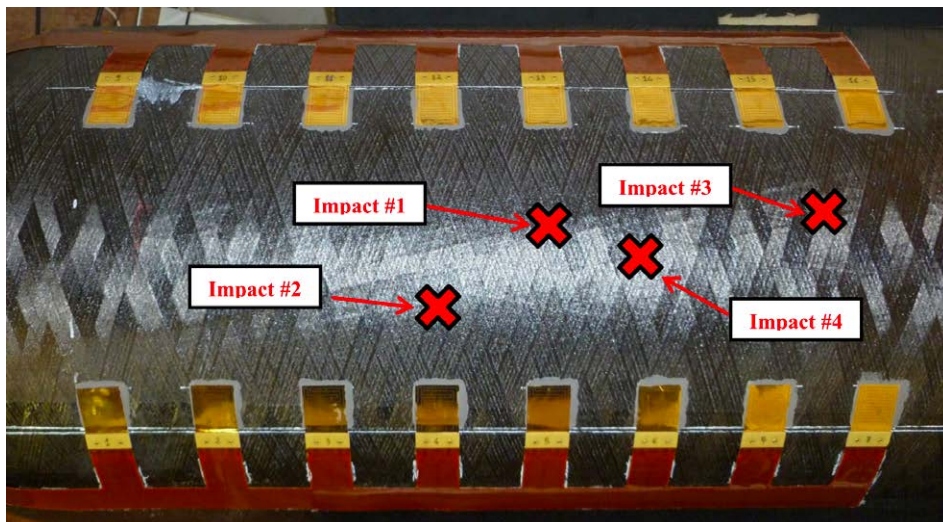


Figura 26 – Smart-skin con sensori piezopolimerici per diagnostica strutturale (SHM) con onde ultrasoniche guidate di bombole per propellente in composito. Collaborazione Thales Alenia Space Italia, 2015.



## L'archivio digitale di eccellenza per il Polo museale fiorentino

Vito Cappellini<sup>1</sup>

Altamente significativa è la collaborazione del MICC (Media Integration and Communication Center) – Centro di Eccellenza del MIUR presso l'Università di Firenze – con il Polo Museale Fiorentino. In particolare negli ultimi anni, sotto la supervisione del Soprintendente Cristina Acidini, è stato lanciato il progetto *Archivio Digitale di Eccellenza per il Polo Museale Fiorentino*, nel quale l'unità di ricerca del MICC coordinata dal Prof. Vito Cappellini e i ricercatori della Hitachi Ltd. e della società fiorentina Centrica S.r.l. hanno realizzato acquisizioni ad elevatissima qualità di alcune delle opere più significative della Galleria degli Uffizi, quali l'Annunciazione di Leonardo, il Tondo Doni di Michelangelo, la Maestà di Giotto, la *Nascita di Venere* e la *Primavera* di Botticelli, la *Madonna del Cardellino* di Raffaello ed altre. Caratteristiche significative di queste acquisizioni sono: l'altissima risoluzione spaziale ottenuta con speciali sensori digitali e procedure di *mosaicing*; elevata fedeltà cromatica ottenuta con apposite procedure di taratura del colore; possibilità di proteggere i dati digitali acquisiti con tecniche di marchiatura elettronica.

Un opportuno *software* interattivo di visualizzazione consente ad un visitatore di effettuare ingrandimenti di parti dell'opera, ispezionarne i dettagli, cogliendo così particolari e caratteristiche altrimenti non rilevabili alla normale osservazione.

Il progetto, tuttora in fase di sviluppo, ha peraltro permesso di organizzare, in collaborazione con il Polo Museale Fiorentino, una serie di Gallerie Virtuali visitate da migliaia di persone e con grande apprezzamento della critica: presso l'Istituto Italiano di Cultura di Tokyo, nell'ottobre 2009 con il supporto dell'Ambasciata d'Italia; nel Battistero di San Giovanni in Corte di Pistoia con il supporto della Fondazione Cassa di Risparmio di Pistoia e di Pescia, nel dicembre 2009 – gennaio 2010; nello Shang-

<sup>1</sup> Da A. Corvi et al. (a cura di). 2013. *Ingegneri & Ingegneria a Firenze, A quarant'anni dall'istituzione della Facoltà di Ingegneria*. Firenze: Firenze University Press.

hai Art Museum in connessione con EXPO 2010 Shanghai con il supporto di Toscana Promozione; nell'Istituto Italiano di Cultura di Tokyo nel novembre-dicembre 2011 e nel Tokyo Fuji Art Museum nel giugno-agosto 2012.

In queste due ultime Esposizioni è stata anche realizzata una Camera Virtuale Immersiva, dove in una stanza con pareti bianche di circa 5×5 m<sup>2</sup> sono state ricreate in versione digitale alcune sale degli Uffizi con le relative opere in versione ad altissima risoluzione, offrendo quindi la possibilità di vederne ed ammirarne i più fini particolari.



Figura 27 – Immagini digitali di alcune delle opere della Galleria degli Uffizi, presentate su schermi touch-screen in Esposizioni a Tokyo (per cortesia del Ministero per i Beni e le Attività Culturali).

# Campioni elettromagnetici di riferimento costruiti a Firenze viaggiano in Europa – Parte A

Carlo Carobbi

L'Università di Firenze è da circa dodici anni fornitore del servizio di prova valutativa nell'ambito della compatibilità elettromagnetica. Si tratta di un servizio destinato ai laboratori di prova operanti in Europa per l'assicurazione della validità delle misure di disturbo elettromagnetico. Il servizio risponde al bisogno, da parte dei laboratori che eseguono misure di compatibilità elettromagnetica, di avere un riscontro oggettivo, basato su un'evidenza sperimentale, circa la correttezza delle misure eseguite quotidianamente per la valutazione di conformità dei prodotti ai requisiti delle leggi europee. Il servizio di prova valutativa in ambito compatibilità elettromagnetica non è nato a Firenze per caso. Il contesto culturale in cui nasce è quello rappresentato da Luigi Millanta e le sue attività sperimentali nell'ambito dell'elettromagnetismo applicato svolte all'IROE e poi all'Università di Firenze. Ma rappresentato anche da Gaetano Iuculano e la sua 'ansia' (come la chiamava lui stesso) dell'incertezza di misura. A contribuire alla definizione del contesto ci sono poi l'Ing. Massimo Polignano di Esaote S.p.A. che seminò in me l'idea di questa attività alla fine degli anni '90, quando ero borsista in Esaote, senza dimenticare poi Guido Pellicci e Lorenzo Spinelli titolari rispettivamente del laboratorio di taratura Gamma Misure e del laboratorio di prova Elettra S.r.l., che avviarono le loro attività nell'ambito della taratura e certificazione in Ce.Ta.Ce. nei primi anni 90. Tante altre persone, che ricorderò in questo articolo, hanno contribuito allo sviluppo e all'affermazione internazionale delle prove valutative di compatibilità elettromagnetica. Questo contributo, per omogeneità di lunghezza con gli altri, è stato suddiviso in parte A e parte B.

Il contesto legislativo e culturale della compatibilità elettromagnetica negli anni '90

Il 21 dicembre 1996 entrò in vigore il decreto legislativo 12 novembre 1996, n. 615, in attuazione della direttiva 89/336/CEE del Consiglio del 3 maggio 1989, in materia di ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alla compatibilità elet-

Carlo Carobbi, University of Florence, Italy, carlo.carobbi@unifi.it, 0000-0002-9274-8256

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Carlo Carobbi, *Campioni elettromagnetici di riferimento costruiti a Firenze viaggiano in Europa – Parte A*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.14, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 55-58, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

tromagnetica. Il decreto stabiliva all'art. 4 che gli apparecchi elettrici ed elettronici destinati al commercio in Europa dovevano essere costruiti in modo tale che:

a) i disturbi elettromagnetici da essi generati siano limitati ad un livello che permetta agli apparecchi radio e di telecomunicazioni ed agli altri apparecchi di funzionare in modo conforme alla loro destinazione;

b) essi abbiano un adeguato livello di immunità intrinseca contro i disturbi elettromagnetici che permetta loro di funzionare in modo conforme alla loro destinazione.

La direttiva rimandava alle cosiddette 'norme tecniche armonizzate' per le procedure da seguire per ottenere la presunzione di conformità dei prodotti alla direttiva. Erano anni di notevole interesse per la compatibilità elettromagnetica, una disciplina considerata complessa e che richiedeva competenze al tempo stesso specialistiche, per la specificità delle tecniche di misura impiegate per le verifiche di conformità, ma anche trasversali, per la varietà delle grandezze elettriche considerate (tensione, corrente, potenza, campo elettrico, campo magnetico, campo elettromagnetico) e l'ampio spettro di frequenze coinvolte (dalle armoniche della frequenza di rete, alle decine di GHz). Il Prof. Luigi Millanta dal 1984 era titolare della disciplina Compatibilità Elettromagnetica presso l'Università di Firenze, insegnamento che tenne fino al 2006, anno del pensionamento. L'insegnamento di Compatibilità Elettromagnetica a Firenze fu uno dei primi al mondo (Hubing, Orlandi 2005). La compatibilità elettromagnetica, grazie anche al modo appassionato e competente con cui la insegnava il Prof. Millanta, attraeva numerosi studenti di Ingegneria Elettronica. Fra la fine degli anni 80 e i primi anni 90 brillanti studenti come Mauro Forti (Ordinario di Elettrotecnica all'Università di Siena) e Stefano Maci (Ordinario di Campi Elettromagnetici all'Università di Siena e, al momento in cui scrivo, Presidente di IEEE Antennas and Propagation Society), erano capaci di tradurre in pubblicazione (Millanta, Forti, Maci 1988) le esercitazioni che svolgevano presso il Laboratorio di Compatibilità Elettromagnetica, guidati dal Prof. Millanta. La mia attività di studio e ricerca presso lo stesso laboratorio iniziò a metà degli anni '90 sotto la guida del Prof. Millanta e del Prof. Forti (al tempo Ricercatore di Elettrotecnica) (Forti, Millanta, Carobbi 1996; Carobbi, Forti, Millanta 1998).

Nel 1993 veniva pubblicata la ISO/IEC Guide 98:1993, 'Guide to the expression of uncertainty in measurement', brevemente detta GUM (*ISO/IEC Guide 98*, 2008), a cui, fra gli altri, contribuì il Prof. Gaetano Iuculano, Ordinario di Misure Elettriche ed Elettroniche presso l'Università di Firenze. Del Prof. Iuculano ricordo la passione per le misure e la loro incertezza che si traduceva in una (cito sue parole) 'ansia dell'incertezza'. Tutte le volte che si esprimeva un risultato di misura si doveva essere presi da questa 'ansia' di associare al valore misurato una valutazione quantitativa del suo grado di attendibilità, espressa appunto dall'incertezza di misura. Quando, nel 2001, diventai Ricercatore di Misure Elettriche ed Elettroniche il Prof. Iuculano mi consegnò una copia della GUM e mi disse «studiala!». Lo studio della GUM fu per me entusiasmante.

Ancora negli anni '90 fu costituito presso l'Università di Firenze il Centro Taratura e Certificazione (Ce.Ta.Ce.) per iniziativa dei professori Antonino Liberatore (Ordinario di Elettrotecnica), Gaetano Iuculano e Antonio Zanini (Ordinario di Misure Elettriche ed Elettroniche). Il Laboratorio Ce.Ta.Ce. era un centro SIT (Sistema Italiano di Taratura) accreditato nel 1992 per la taratura di grandezze elettriche in bassa frequenza. Responsabili operativi del Ce.Ta.Ce. erano l'Ing. Guido Pellicci, oggi titolare del Laboratorio Metrologico Gamma Misure, che discende dal Ce.Ta.Ce., e l'Ing. Lorenzo Spinelli, oggi titolare del Laboratorio Prove (ambientali, sicurezza elettrica, compatibilità elettromagnetica, radio, dispositivi medici, macchine) Elettra S.r.l., entrambi con sede a Calenzano (Firenze). L'interesse al mondo delle prove e delle tarature era quindi elevato all'Università di Firenze negli anni '80-'90. Il laboratorio del Ce.Ta.

Ce. era situato nella sottocappella dell'attuale Scuola di Ingegneria, a fianco del Laboratorio di Compatibilità Elettromagnetica del Prof. Millanta. L'Ing. Pellicci assistette al mio esame di Compatibilità Elettromagnetica perché chiamato dal Prof. Millanta a far da testimone (ero l'unico candidato) e non si astenne dal farmi qualche domanda perché interessato a ciò che esposevo (la derivazione di una formula approssimata per l'induttanza di un conduttore isolato). L'Ing. Pellicci si era laureato con il Prof. Millanta discutendo una tesi di compatibilità elettromagnetica, mentre l'Ing. Spinelli si era laureato con il Prof. Martarelli (Associato di Impianti Elettrici) discutendo una tesi sull'Affidabilità di componenti per applicazioni ferroviarie. I principali laboratori di taratura e di prova in ambito elettrico dell'area fiorentina hanno indubbiamente origine dall'esperienza che l'Ing. Pellicci e l'Ing. Spinelli fecero presso il Ce.Ta.Ce., tenendo tuttavia presente che se questi laboratori sono oggi realtà affermate a livello nazionale e internazionale il merito va alla loro passione, l'intelligenza e l'impegno.



Figura 28 – Il Prof. Millanta (in basso, centro-sinistra) in mezzo ai suoi studenti durante l'ultima lezione del 21 giugno 2006 nella ex aula 111 della Scuola di Ingegneria a Santa Marta. Presente il preside della Facoltà di Ingegneria, Prof. Franco Angotti (in basso, centro-destra), e vari colleghi ed ex-studenti nominati in questo articolo. In particolare, in alto a sinistra sono visibili Massimo Polignano, Guido Pellicci, Mauro Forti, e Alessio Bonci. In alto a destra è visibile Stefano Maci.

#### L'origine dell'idea di confrontare le misure di compatibilità elettromagnetica

Una volta laureatomi nel 1994 e dopo aver svolto il servizio militare presso l'Accademia Navale di Livorno ebbi l'opportunità di continuare a collaborare con il Prof. Millanta su tematiche di Compatibilità Elettromagnetica grazie al sostegno di una borsa di studio finanziata da Esaote S.p.A. nel 1996. Il tema della borsa era la realizzazione di schede elettroniche assistita da un software (EMC Adviser, attualmente prodotto da Zuken Inc., Giappone) che teneva conto di regole di Compatibilità Elettromagnetica e Integrità dei Segnali e delle Alimentazioni nella fase di sbroglio. Si trattava di impiegare EMC Adviser nella riprogettazione di una scheda per una stampante di un elettrocardiografo. L'attività era supervisionata in Esaote S.p.A. dall'Ing. Massimo Polignano (attualmente Chief Quality Officer), che si era laureato alla fine degli anni '80 con il Prof. Millanta. La stampante con la nuova scheda fu poi provata per le emissioni irradiate presso un laboratorio di prova a Milano, uno dei pochi attivi in Italia a quel tempo (e che quindi

eseguiva prove a turni sulle 24 ore per soddisfare le numerose richieste). Fu per me la prima occasione per assistere ad una misura di emissione irradiata in camera anecoica. La stampante superò di un soffio la prova e mi chiesi quale avrebbe potuto essere l'esito se la prova fosse stata eseguita presso un altro laboratorio, in un'altra camera anecoica, con strumentazione diversa, da personale diverso. Sarebbe stato interessante cioè far circolare nei laboratori di prova un emettitore di riferimento di disturbo elettromagnetico e valutare la dispersione fra le misure. Questo esercizio ci avrebbe fornito una stima dell'incertezza di misura dell'emissione irradiata e sarebbe stato un servizio utile per gli stessi laboratori di prova al fine di individuare eventuali criticità nelle complesse catene di misura. L'Ing. Polignano aveva pensato a un esercizio del genere prima di me e mi suggerì di leggere un articolo in cui si descriveva in dettaglio come realizzare un generatore di pettine ('comb generator'). Tramite questo generatore di pettine era possibile produrre un'eccitazione ripetibile, costituita da componenti spettrali di ampiezza circa costante su un'ampia gamma di frequenze e con risoluzione (separazione fra le componenti spettrali) adeguata (Wyatt, Chaney 1991). Mi misi subito al lavoro per realizzare il generatore di pettine di cui l'Ing. Polignano aveva precedentemente realizzato una prima versione per verifiche preliminari della strumentazione di compatibilità elettromagnetica dell'azienda. Esaote S.p.A. aveva parte della produzione a Firenze, dove svolgevo l'attività connessa alla borsa di studio, fu quindi facile reperire i componenti, in particolare il diodo 'step recovery', un componente al tempo per me piuttosto esotico e che costituiva il cuore della rete formatrice dell'impulso che, ripetuto periodicamente, produceva uno spettro di righe equi-spaziate in frequenza e di ampiezza circa costante (il pettine, appunto). Questa seconda versione fu realizzata su una scheda mille-fori seguendo scrupolosamente lo schema elettrico proposto in Wyatt e Chaney (1991) e produceva uno spettro di righe spaziate di 5 MHz e ampiezza circa costante fino a 300 MHz. Concluso il periodo della borsa di studio ottenni, nel 1998, una borsa di dottorato finanziata dalla Provincia di Siena, reperita grazie all'impegno del Prof. Millanta e del Prof. Roberto Tiberio, Ordinario di Campi Elettromagnetici presso l'Università di Siena. Durante il dottorato di ricerca e negli anni immediatamente successivi dovetti occuparmi di altre ricerche e soprattutto di numerosi incarichi didattici che mi furono affidati dal 2001 a seguito del mio passaggio al ruolo di Ricercatore presso l'allora Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni. Tuttavia, l'idea di confrontare misure di Compatibilità Elettromagnetica eseguite in laboratori diversi non fu abbandonata.

#### Riferimenti bibliografici

- Carobbi, C. F. M., M. M. Forti e L. M. Millanta. 1998. "Transients in the low-voltage power-distribution circuits: effects of capacitive loading and dependence on distance." *IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility*. Denver (CO).
- Forti, M. M., L. M. Millanta e C. F. M. Carobbi. 1996. "Low-frequency transients and impedance in the power mains considering line loading." *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility* 38(3): 310-17.
- Hubing, T. e A. Orlandi. 2005. "A Brief History of EMC Education." *16th International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC 2005)*. Zurich (Switzerland).
- ISO/IEC. 1993. *Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)*. ISO/IEC Guide 98. Versione aggiornata ISO/IEC Guide 98-3.
- Millanta, L. M., M. M. Forti e S. S. Maci. 1988. "A broad-band network for power-line disturbance voltage measurements." *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility* 30(3): 351-57.
- Wyatt, K. e D. Chaney. 1991. "RFI Measurements Using a Harmonic Comb Generator." *RF Design*: 53-58.

# Campioni elettromagnetici di riferimento costruiti a Firenze viaggiano in Europa – Parte B

*Carlo Carobbi*

Le prime esperienze di confronti di misure di compatibilità elettromagnetica

La prima importante esperienza di circuito interlaboratorio di misure di emissione radiata fu condotta fra il 2005 ed il 2006. Ci furono varie circostanze favorevoli che precedettero l'avvio dell'attività. Negli anni dal 2001 al 2004 ci fu una collaborazione fra il Laboratorio di Compatibilità Elettromagnetica ed il Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano 'Giacinto Motta' (CESI, Milano) su misure di campi elettromagnetici e valutazione di incertezza di misura in ambito compatibilità elettromagnetica. CESI finanziò il dottorato di ricerca dell'Ing. Marco Cati (attualmente Quality & After Sales Director in Powersoft S.p.A.), che si era appena laureato discutendo una tesi di compatibilità elettromagnetica (relatore il Prof. Millanta). Nel 2003 il Laboratorio di Compatibilità Elettromagnetica ricevette un finanziamento dall'Ente Cassa di Risparmio di Firenze per il potenziamento della propria dotazione strumentale. Nel 2005, l'Ing. Carlo Panconi avviò il dottorato di ricerca su tematiche connesse alle misure di compatibilità elettromagnetica, presso il Laboratorio di Compatibilità Elettromagnetica e in collaborazione con Esaote S.p.A (dove, nel frattempo, l'Ing. Cati era stato assunto per assistere l'Ing. Polignano nel curare la conformità dei prodotti alle leggi e norme applicabili). Nel 2005, a seguito del trasferimento dell'Istituto di Ricerca sulle Onde Elettromagnetiche (IROE, CNR) da Firenze Rifredi al Polo Scientifico di Sesto Fiorentino, nella attuale sede dell'Istituto di Fisica Applicata 'Nello Carrara' (IFAC, CNR), fu completata la realizzazione della camera anecoica dell'Istituto. Nella camera anecoica di IFAC furono svolte attività di misura delle prestazioni dei materiali assorbenti in collaborazione con il Laboratorio di Compatibilità Elettromagnetica, e predizioni di campo elettromagnetico attraverso l'impiego di simulatori numerici. I tempi erano maturi per proporre un primo circuito interlaboratorio per confrontare le prestazioni delle camere anecoiche compatte (per misure a 3 m di distanza dell'apparecchio in prova). L'idea era di confrontare le prestazioni delle camere anecoiche, senza introdurre altre

Carlo Carobbi, University of Florence, Italy, carlo.carobbi@unifi.it, 0000-0002-9274-8256

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Carlo Carobbi, *Campioni elettromagnetici di riferimento costruiti a Firenze viaggiano in Europa – Parte B*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.15, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 59-64, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

cause di variabilità. Decisi quindi di far circolare nelle varie camere anecoiche operative, sparse prevalentemente nel centro-nord Italia, la strumentazione (generatore di pettine e antenna trasmittente, analizzatore di spettro e antenna biconica ricevente), accompagnata da tre ingegneri (Cati, Panconi e me) per eseguire la misura. La gamma di frequenza di interesse era compresa fra 30 MHz e 300 MHz. Il campo elettromagnetico era generato da un'antenna a stilo alimentata dalla terza versione del generatore di pettine, realizzata dall'Ing. Cati su circuito stampato (Figura 29).

Furono 14 i siti indagati di cui per brevità riporto qui solo le sigle: IFAC, OTE, RTM, GE, CISAM, ESAOTE, GALILEO (sedi di Firenze e Torino Caselle), TESEO, COREP, IMQ (sedi di Milano e Bollate), CESI, INTEK. I risultati del circuito interlaboratorio furono presentati in una riunione presso Esaote S.p.A. il 13 luglio 2006, a cui furono invitati i responsabili dei vari laboratori di prova che parteciparono all'esercizio. Fra i presenti ricordo oltre ai padroni di casa, Polignano e Cati, Marco Bini e Cristiano Riminesi (IFAC – CNR), Alessandro Agostini, Lorenzo Pozzi e Paolo Ignesti (GE Transportation Systems), Cecilia Cantaluppi (IMQ), Anna Baruzzi (INTEK), Claudio Tredici (GALILEO AVIONICA), Andrea Scotti (RTM) e Nicola Spillantini (CISAM). I risultati dell'attività, oltre ad avere valore scientifico (Carobbi, Cati, Panconi 2009), avevano valore pratico per i laboratori di prova che trovavano nella dispersione fra i risultati di misura un'indicazione quantitativa del contributo della camera anecoica all'incertezza di misura in quella gamma di frequenza. In quella stessa riunione proposi di avviare un successivo circuito interlaboratorio in cui venisse fatta circolare solo la sorgente di campo elettromagnetico in modo da comprendere nella variabilità osservata oltre al contributo della camera anecoica anche quello della strumentazione di misura e del personale del laboratorio partecipante. La proposta fu accolta con entusiasmo dai rappresentanti dei laboratori di prova. I risultati di questo secondo circuito interlaboratorio furono presentati ancora in Esaote S.p.A. il 12 dicembre 2007. La partecipazione dei rappresentanti dei laboratori fu ancora più numerosa che nel precedente incontro del 2006. Alla precedente lista di partecipanti si aggiunsero infatti l'Ing. Walter Savio, del Centro Ricerche FIAT, l'Ing. Alessandro Tacchini, di Reggio Emilia Innovazione, l'Ing. Domenico Capriglione, dell'Università di Cassino, l'Ing. Enrico Boni, dell'Università di Firenze.



Figura 29 – Terza versione del generatore di pettine, realizzato dall'Ing. Cati mentre in Esaote S.p.A.

### Le prove valutative di misure di compatibilità elettromagnetica

Il Prof. Millanta andò in pensione nel 2006 e scomparve purtroppo poco tempo dopo, il 3 agosto 2009. Il Prof. Millanta era molto noto nell'ambiente della compatibilità elettromagnetica, sia a livello nazionale che internazionale, in ambito scientifico e normativo. Mi era evidente che non dovevo limitarmi a coltivare la compatibilità elettromagnetica solo dal punto di vista scientifico, in Università, ma dove la si 'faceva' a livello professionale. Per orientare la ricerca sugli aspetti applicativi delle misure di compatibilità elettromagnetica decisi nel 2009 di candidarmi sia come membro del Comitato Tecnico 210 del Comitato Elettrotecnico Italiano, sia come ispettore del Sistema Nazionale di Accreditamento dei Laboratori di Prova (SINAL, oggi ACCREDIA). Entrambe queste candidature furono accolte (di questo sono in debito con il Dott. Domenico Festa per CEI, e con l'Ing. Michele Borsero dell'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica – INRIM – e l'Ing. Amerigo Cancellieri per SINAL). Venni quindi coinvolto sia nello sviluppo delle norme di compatibilità elettromagnetica, sia nell'accREDITAMENTO dei laboratori di prova alla norma ISO/IEC 17025. In particolare, presiede il sotto-comitato 210/77 B del CEI per nove anni (dal 2011 al 2019, segretario l'Ing. Giancarlo Borio di COREP, Politecnico di Torino). Inoltre, come ispettore tecnico SINAL, negli anni sono stato incaricato dell'accREDITAMENTO e sorveglianza di, sostanzialmente, tutti i laboratori che eseguono prove di compatibilità elettromagnetica in Italia, gran parte dei quali partecipano alle riunioni dei comitati tecnici del CEI. Ciò mi diede molta visibilità in ambito industriale e mi consentì di guadagnare la fiducia dei laboratori di prova. I tempi erano quindi maturi per proporre dei circuiti interlaboratorio finalizzati a valutare la 'competenza' dei laboratori di prova, le cosiddette 'prove valutative'. La partecipazione alle prove valutative è un requisito a cui i laboratori devono attenersi per l'accREDITAMENTO alla norma ISO/IEC 17025. L'esito della partecipazione è un giudizio circa la validità del risultato di misura fornito dal laboratorio. Essenzialmente, la validità del risultato di misura dipende dallo scostamento fra il valore misurato dal laboratorio ed il valore di riferimento assegnato al campione itinerante. Un esito negativo richiede, per il mantenimento dell'accREDITAMENTO, un'azione correttiva da parte del laboratorio.

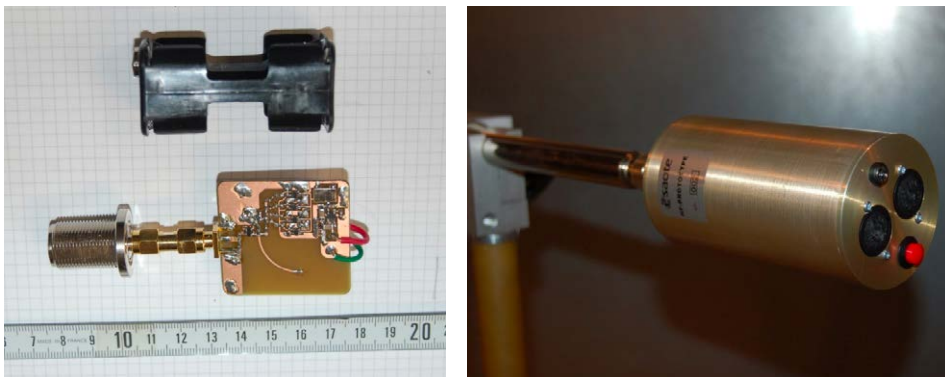


Figura 30 – Circuito della quarta versione del generatore di pettine, in (a), ed il suo contenitore cilindrico, in (b).

La prima prova valutativa proposta fu la misura delle emissioni irradiate nella gamma di frequenza fra 200 MHz e 3000 MHz. Fu impiegata come sorgente del campo elettromagnetico di riferimento la combinazione di un generatore di pettine (la quarta

versione basata su Wyatt, Chaney 1991) inserito in un contenitore cilindrico (una forma semplice da simulare con un simulatore elettromagnetico) e di dimensioni contenute (quindi pratico da trasportare), e di un'antenna log-periodica commerciale tarata (il cui fattore di taratura fu verificato con il simulatore elettromagnetico). La quarta versione del generatore di pettine fu realizzata dall'Ing. Boni (attualmente Prof. Associato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione), si veda la Figura 31. La spaziatura delle righe del generatore di pettine era 20 MHz e la potenza generata a ciascuna riga ed il coefficiente di riflessione in uscita furono misurati all'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRIM, Torino) grazie alla preziosa disponibilità dell'Ing. Michele Borsero e del P.I. Giuseppe Vizio.

L'avvio dell'attività fu preceduto da un incontro tecnico con i laboratori di prova sul tema «Prove valutative nell'ambito della compatibilità elettromagnetica», organizzato presso il plesso didattico 'Morgagni' dell'Università di Firenze il 16 maggio 2012. Relatori di quest'incontro furono, oltre a me, l'Ing. Cati (Esaote S.p.A.) e l'Ing. Borsero (INRIM). Parteciparono all'incontro i rappresentanti di 13 laboratori di prova italiani (CESI, LACE-COREP, IMQ, INTEK, REINNOVA, ELETTRA, TESEO, CMC, CREIVEN, TUV SUD ITALIA, EQI, EMILAB, CELAB, BTICINO), un rappresentante di ACCREDIA, Dipartimento dei laboratori di taratura (l'Ing. Giulia Suriani) ed esperti italiani di compatibilità elettromagnetica, fra cui ricordo con piacere il P.I. Vittorio Ormezzano (ex Galileo Ferraris, ed ex Olivetti). Alla prova valutativa parteciparono 15 laboratori, di cui quattro con due siti di prova. I risultati della prova valutativa furono presentati ad Esaote S.p.A. il 12 giugno 2013. A questo incontro parteciparono i rappresentanti di 11 laboratori di prova. Oltre ai risultati della prova valutativa di emissione irradiata nella gamma 200 MHz – 3000 MHz presentai la successiva prova valutativa nella gamma di frequenza 30 MHz – 1000 MHz. Due aspetti tecnici fondamentali caratterizzavano le prove valutative: il fatto che i campioni fossero tarati attraverso l'impiego di misure (condotte presso INRIM) e simulazioni elettromagnetiche (eseguite presso il Laboratorio di Compatibilità Elettromagnetica) e la possibilità di partecipazione da parte di laboratori di prova con siti aventi caratteristiche diverse (camere completamente anecoiche per misure a 3 m e camere semianecoiche per misure a 3 m e a 10 m). Queste caratteristiche tecniche delle prove valutative offerte dall'Università di Firenze erano assolutamente originali (Carobbi et al. 2014; 2016) e consentivano la partecipazione a tutti i laboratori di prova in grado di eseguire le misure radiate.

Notevole impulso alle prove valutative di compatibilità elettromagnetica dell'Università di Firenze fu dato grazie al dottorato di ricerca dell'Ing. Alessio Bonci (dottorando di ricerca dal 2012 al 2014), tutt'oggi collaboratore del Laboratorio di Compatibilità Elettromagnetica. L'Ing. Bonci svolse l'attività di dottorato di ricerca sulle prove valutative di compatibilità elettromagnetica e progettò, simulò e realizzò (con il supporto, sulla meccanica dell'antenna, del P.I. Ismano Semboloni) un'antenna biconica compatta, Figura 31(b), per impiego come campione itinerante. L'antenna conteneva al suo interno la quinta, ed attuale versione del generatore di pettine, Figura 31(a), operante nella gamma di frequenza da 50 MHz a 6 GHz con spaziatura delle righe spettrali di 50 MHz. La quinta, come la quarta versione del generatore di pettine, fu sviluppata dal Prof. Boni. Dettagli tecnici sul generatore di pettine, l'antenna biconica compatta e la sorgente di riferimento ottenuta dalla loro integrazione sono riportati in Bonci, Boni, Carobbi (2021).

La sorgente di riferimento fu caratterizzata ampiamente dal punto di vista elettromagnetico, anche attraverso un lavoro di tesi comprendente simulazioni elettromagnetiche con due simulatori commerciali (basati su principi indipendenti: il Metodo dei

Momenti e il Metodo delle Differenze Finite nel Dominio del Tempo) e una campagna di misure all'INRIM (Guadagnoli 2018).

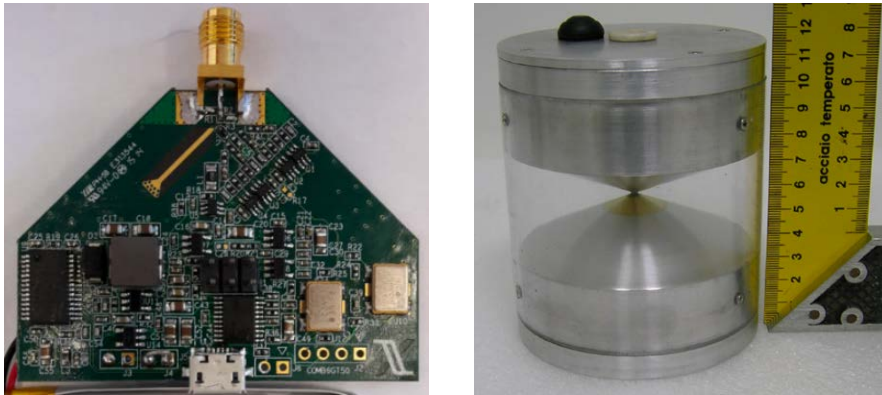


Figura 31 – La quinta, ed attuale, versione del generatore di pettine, (a), e la prima antenna biconica compatta in cui fu inserito, (b).

Con la collaborazione con l'Ing. Bonci, proseguita attraverso incarichi professionali fino al momento in cui sto scrivendo questo articolo, le prove valutative di compatibilità hanno raggiunto un buon livello di sviluppo e varietà nell'offerta delle tecniche di misura. La narrazione infatti si è qui concentrata sulle misure di emissione irradiata, le prime ad essere sviluppate, e forse quelle di maggiore impatto, ma le tecniche di misura indagate attraverso le prove valutative sono state, oltre all'emissione irradiata fra 50 MHz e 6 GHz: la misura della tensione di disturbo nella gamma di frequenza 9 kHz – 30 MHz, la misura della tensione di disturbo nella gamma di frequenza 150 kHz – 108 MHz, la misura di emissione di armoniche di corrente nella gamma di frequenza 50 Hz – 2000 Hz, la misura di emissione radiata in ambito automobilistico (metodo ALSE) nella gamma di frequenza fra 150 kHz e 1000 MHz. Altre prove valutative sono oggi in corso di sviluppo, in particolare la misura della potenza di disturbo nella gamma di frequenza 30 MHz – 1 GHz, misura del campo magnetico di disturbo nella gamma di frequenza fra 150 kHz – 30 MHz con la tecnica della cosiddetta Large Loop Antenna.

Dal 2012 ad oggi il Laboratorio di Compatibilità Elettromagnetica ha portato a termine 18 prove valutative a cui hanno preso parte decine e decine di laboratori in Italia e in Europa (ed anche un laboratorio negli USA del gruppo Electrolux!) e costituisce la principale fonte di sostentamento del laboratorio per il suo sviluppo strumentale. Recentemente il Laboratorio di Compatibilità Elettromagnetica ha ricevuto un co-finanziamento di Ateneo per l'acquisizione di una camera riverberante elettromagnetica e di apparecchiature ancillari che, senza il contributo economico derivante dalle prove valutative, non sarebbe stato possibile ottenere. Questa recente acquisizione darà sicuramente ulteriore impulso a nuove ricerche, anche interdisciplinari, nell'ambito delle misure e dell'elettromagnetismo applicato ed anche, certamente, alle prove valutative dell'Università di Firenze.

#### Riferimenti bibliografici

Bonci, A., E. Boni e C. F. M. Carobbi. 2021. "A Compact, Broadband, and Calculable Electromagnetic Field Source for Quality Assurance in EMC Testing." *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility* 63(2): 335-43.

- Carobbi, C. F. M. et al. 2014. "Design, Preparation, Conduct, and Result of a Proficiency Test of Radiated Emission Measurements." *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility* 56(6): 1251-61.
- Carobbi, C. F. M. et al. 2016. "Proficiency Testing by Using Traveling Samples with Preassigned Reference Values." *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility* 58(4): 1339-48.
- Carobbi, C. F. M., M. Cati e C. Panconi. 2009. "Reproducibility of Radiated Emissions Measurements in Compact, Fully Anechoic Rooms—The Contribution of the Site-to-Site Variations." *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility* 51(3): 574-82.
- Guadagnoli, A. 2018. *Caratterizzazione di una sorgente di campo elettromagnetico di riferimento attiva nella banda 50 MHz – 6 GHz per misure di emissione radiata in ambito EMC*. Tesi di laurea, Ingegneria delle Telecomunicazioni.
- Wyatt, K. e D. Chaney. 1991. "RFI Measurements Using a Harmonic Comb Generator." *RF Design*: 53-58.

# La nuova era delle telecomunicazioni: una prospettiva tecnologica verso reti e sistemi intelligenti

Francesco Chiti, Romano Fantacci

La sorprendente evoluzione delle tecnologie *wireless* a cui stiamo assistendo nel corso dell'ultimo decennio mette a disposizione numerosi standard di comunicazione, sia in ambito *short* che *long range*. Ciò sta rendendo, di fatto, gli ambienti in cui si svolge normalmente l'esistenza assolutamente infrastrutturati e predisposti per un'interazione più pervasiva con e tra gli utenti presenti. Una significativa potenzialità di questo nascente paradigma consiste nella capacità del sistema nel suo complesso di interfacciarsi intelligentemente con gli utenti, autoconfigurandosi dinamicamente in base ai loro profili e offrendo dei servizi *ad hoc*. Ciò può essere perseguito agevolmente attraverso un'integrazione dei differenti domini, mettendo a fattor comune il supporto a flussi di traffico *Internet oriented*. La comunicazione si configura, di conseguenza, come una proprietà *emergente* dell'ambiente che, da una semplice attribuzione spazio-temporale, assume le caratteristiche di *medium* relazionale che interconnette *soggetti* tecnologicamente senzienti e volenti. Nonostante la copiosità di standard esistenti o in fase di studio, va, comunque, sottolineato che la specializzazione in corso d'opera verso applicazioni e requisiti imprevedibili e la loro integrazione a parti variabili necessita della progettazione di un *piano di controllo* virtualmente centralizzato. Tale metodologia di *design*, denominata *Software Defined Networking* (SDN), applicata con successo alla gestione di *Cloud* geograficamente estesi o a rete di accesso *single-provider*, potrebbe essere vantaggiosamente generalizzata al contesto dell'*Internet of Things* (IoT), costituendone l'asse di sviluppo portante.

Attualmente, le nuove architetture Internet hanno come obiettivo primario quello di integrare nelle infrastrutture esistenti nuove tecnologie per una più efficiente gestione della mobilità degli utenti, sicurezza delle comunicazioni, promuovendo una sinergia tra ambiti diversi (economici, sociali, tecnologici) e coinvolgendo competenze tecniche e non allo scopo di abilitare nuove funzionalità relative a:

- Awareness dei dati e dei servizi;
- Awareness dell'ambiente circostante;
- Awareness economica e sociale.

Francesco Chiti, University of Florence, Italy, francesco.chiti@unifi.it, 0000-0002-0267-4733  
Romano Fantacci, University of Florence, Italy, romano.fantacci@unifi.it, 0000-0001-5934-3321

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Francesco Chiti, Romano Fantacci, *La nuova era delle telecomunicazioni: una prospettiva tecnologica verso reti e sistemi intelligenti*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.16, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 65-68, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

In questo orizzonte si svolge la ricerca condotta dal Laboratorio Data Communications and Network System (DaCoNetS) del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Firenze, attraverso interessanti collaborazioni con il territorio in termini di realtà amministrative e imprenditoriali. In particolare, il Laboratorio ha svolto e sta svolgendo una intensa attività di trasferimento tecnologico mediante l'istituzione di laboratori di ricerca congiunti con importanti realtà industriali quali Telecom Italia Mobile (TIM), Duratel S.p.A. e Leonardo S.p.A. allo scopo di coordinare e rafforzare il collegamento tra il mondo della ricerca e quello delle imprese locali e nazionali. Ciascuna aggregazione è poi focalizzata su uno specifico ambito tecnologico e applicativo ritenuto strategico per il settore delle Reti di Telecomunicazione e delle nuove tecnologie Internet e di specifico interesse per il contesto territoriale. Occorre inoltre ricordare che, a seguito dell'istituzione del Laboratorio congiunto Comunicazioni Avanzate è nato il Consorzio TICom (Tecnologie dell'Informazione e Comunicazione): si tratta di una importante iniziativa che testimonia l'opportunità di una sinergia funzionale tra settore industriale avanzato e tecnologicamente evoluto (Leonardo S.p.A.) ed Accademia (Università di Firenze). Il Consorzio non ha fine di lucro; esso integra le competenze e le conoscenze della componente accademica nel settore delle reti e delle comunicazioni digitali con le capacità operative di Leonardo S.p.A. allo scopo di promuovere il coordinamento dei consorziati nelle attività di ricerca scientifica e tecnologica nel settore dell'Information and Communications Technology, con particolare attenzione al settore dei sistemi e reti di telecomunicazioni e ai sistemi per la sicurezza dei cittadini. La missione del Consorzio è quella di unire competenze specifiche dell'Azienda e dell'Università per migliorare l'interazione fra i due soggetti attraverso uno strumento effettivamente compartecipato di supporto ai centri di ricerca e sviluppo dell'Azienda, ma anche di supporto alla formazione universitaria tramite il finanziamento di borse di studio e dottorati di ricerca, posti di ricercatore a tempo determinato e la possibilità di svolgere tirocini fortemente orientati al mondo del lavoro.

Il laboratorio DaCoNetS si è impegnato in diverse iniziative progettuali con ricadute effettive nel contesto territoriale locale, sia nell'ambito di soluzioni finalizzate a rendere reale il paradigma di città sostenibili e sicure, che rappresenta, ad oggi, uno degli obiettivi principali delle pubbliche amministrazioni, sia nell'ambito del controllo ambientale finalizzato sia alla tutela della salute dei cittadini sia alla prevenzione di catastrofi naturali. A questo riguardo, una recente iniziativa progettuale finanziata dalla Regione Toscana che ha visto il presente gruppo di ricerca collaborare efficacemente con realtà del territorio alla realizzazione di un sistema di monitoraggio di bacini idrologici è stata l'esperienza di HYDROCONTROLLER. In particolare, l'obiettivo è stato quello di sviluppare una piattaforma informatica automatizzata per il monitoraggio e la previsione dell'ammontare delle risorse idriche che consenta di controllare le condizioni idro-meteorologiche di un'area di interesse e che fornisca dettagli sui progressi in tempo reale e sui possibili sviluppi. La piattaforma è composta da reti eterogenee per tecnologie e tipologie di informazione, come dati di osservazione satellitare, di previsione, dati provenienti da sensori o reti ad hoc. L'architettura che è stata progettata applica il principio avanzato delle reti basate sull'impiego di tecnologie SDN alle *Wireless Sensor Networks* (WSN) e considera una interazione funzionale con risorse di calcolo localizzate (Fog Computing) allo scopo di rendere disponibile all'utenza finale in tempo reale i risultati di complesse elaborazioni al fine di attuare con latenze trascurabili le azioni di controllo e prevenzione opportune. A titolo esemplificativo, la Figura seguente mostra l'architettura di riferimento generale del sistema proposto attualmente in fase di completamento realizzativo.

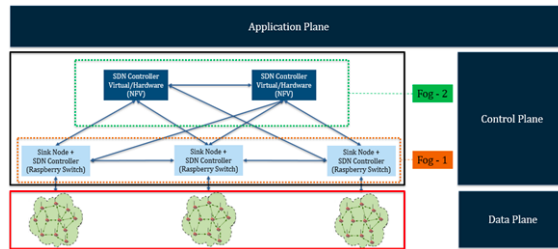


Figura 32 – Architettura di rete proposta per il monitoraggio di bacini idrologici.

Il Laboratorio DaCoNetS è poi stato di recente coordinatore scientifico, per conto dell'Università di Firenze, delle attività di sperimentazione pre-commerciali delle nuove tecnologie di rete di quinta generazione (5G) nell'ambito dell'iniziativa *5G Action Plan* supportata dal Ministero dello Sviluppo Economico (MISE) localizzate nella città di Prato. In questo specifico contesto, le tematiche di ricerca hanno riguardato, in collaborazione con altre realtà, la definizione, l'integrazione in rete e la sperimentazione di una piattaforma per la telemedicina, il telemonitoraggio e l'analisi delle abitudini comportamentali di soggetti affetti da specifiche patologie, in modo da abilitare processi innovativi a garanzia della continuità di cura e assistenza. Nello scenario di sperimentazione proposto per la città di Prato è stato considerato il caso d'uso relativo al controllo ed assistenza remota di persone in ambito residenziale. In generale, l'assistenza medica remota consiste nella raccolta continua dei dati vitali del paziente tramite numerosi sensori eterogenei installati e/o indossati dalla persona o posizionati nell'ambiente. L'elaborazione dei dati raccolti ha consentito di effettuare diagnosi precoci e coordinare trattamenti medici in caso di problemi clinici. La sperimentazione delle nuove tecnologie IoT in ambito 5G è stata poi la principale attività di ricerca che DaCoNetS ha sviluppato in collaborazione con ESTRA; nello specifico questa attività ha riguardato essenzialmente applicazioni di raccolta massiva di dati provenienti da sensori eterogenei collegati in rete in ottica *Internet of Everything* (IoE) con riferimento ad applicazioni di:

- *Smart City Management* (in ottica Smart City);
- Monitoraggio utenze in modo smart;
- *Industrial Automation* (in ottica Industria 4.0).

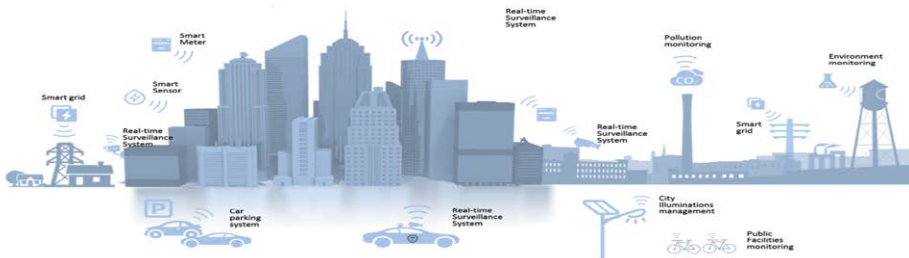


Figura 33 – Scenario applicativo di riferimento per la tecnologia 5G.

Sperimentare l'integrazione di servizi diversi su un'unica piattaforma di servizi IoT costituisce oggi un target fondamentale dal punto di vista del contenimento dei costi di realizzazione e gestione, ed abilita scenari di interazione e cross correlazione

importanti e innovative: controllo remoto in tempo reale delle condizioni operative di processi o impianti e della città con i suoi servizi; gestione di sensori ed attuatori per il controllo della città, controllo remoto di sistemi industriali.

Guardando verso il futuro prossimo, il laboratorio DaCoNetS è impegnato nell'ambito Transizione Digitale – i4.0, che rappresenta un settore nel quale occorre promuovere nuove e sfidanti tecnologie e metodologie, perseguendo una integrazione funzionale di competenze e conoscenze multidisciplinari, significativamente negli ambiti di Informatica, Elettronica e di Telecomunicazioni, caratterizzanti la nuova era delle reti di telecomunicazione. Tale approccio è oggi ritenuto obiettivo irrinunciabile per mettere a sistema e valorizzare pienamente il potenziale dell'innovazione tecnologica a vantaggio delle diverse esigenze e prospettive che possono emergere a livello individuale e di contesto territoriale. Tutto questo assume una importanza particolare nell'ottica di offrire alla comunità a cui apparteniamo un sostegno tecnologico concreto per gestire la complessa situazione creatasi in conseguenza della pandemia attuale.

Le attuali attività di ricerca di DaCoNetS, proprie della nuova era delle reti di telecomunicazione sono orientate a sostenere l'innovazione continua, secondo il paradigma *Open Innovation*, valorizzando le potenzialità della transizione digitale in accordo con il paradigma *Human-in-the-Loop*, che considera l'individuo come il primo attore e fruitore del cambiamento di paradigma derivante dalle nuove proposte tecnologiche. In questo contesto, fondamentale è poi svolgere una intensa attività di ricerca rivolta al progetto, ottimizzazione, integrazione di Reti di Sistemi Intelligenti, indispensabili allo sviluppo resiliente e autenticamente sostenibile della nostra società. Al fine di perseguire questo obiettivo, occorre definire infrastrutture di rete ad alte prestazioni, sicure, con accesso pervasivo ad alta velocità. Ciò richiede la convergenza di metodologie di reti di telecomunicazione e tecnologie dell'informazione in un'unica infrastruttura integrata, portando a compimento la visione dell'ecosistema 5G e successivi. A tal fine, si rende necessaria la ricerca su innovativi paradigmi di gestione e controllo che permettano alle architetture di rete di evolvere secondo i paradigmi di virtualizzazione delle risorse e funzionalità autonome e dinamiche. Ad esempio, sotto la supervisione di *Hypervisor*, elementi di rete e terminali dovranno cooperare per fornire le necessarie risorse di calcolo e memorizzazione, secondo i nuovi paradigmi *Edge/Fog Computing* per poter raccogliere e gestire al meglio le informazioni di contesto. Il laboratorio affronta poi tematiche di ricerca più sfidanti e maggiormente proiettate verso il futuro prossimo della nuova era delle reti di telecomunicazioni inerenti l'integrazione di metodologie di Intelligenza artificiale in un contesto di reti di telecomunicazione evolute, metodologie di progetto ed ottimizzazioni in reti di generazione successiva al 5G di nuovi servizi, es. realtà virtuale ed aumentata, comunicazioni quantistiche e, infine, *Tactile Internet*, quest'ultima una nuova e sfidante tecnologia che si pone l'obiettivo di integrare strutture di elaborazione dell'informazione in prossimità dell'utilizzatore finale, soprattutto in ottica *Edge Computing*, al fine di abilitare nuove sfidanti applicazioni basate su VR e AR mediante interazioni sensoriali e tattili.

# Il cuore fiorentino del sistema Telepass

*Alessandro Cidronali, Giovanni Collodi, Stefano Maddio,  
Gianfranco Manes, Marco Passafiume*

Negli ultimi anni il tema della mobilità ‘intelligente’ è stato sempre più al centro dell’attenzione di molti operatori industriali e della comunità scientifica. La guida autonoma e la comunicazione in tempo reale tra automobili sono uno dei prossimi traguardi dell’evoluzione tecnologica nel campo dell’automazione. Ci si aspettano grossi benefici e positive ricadute nella qualità della vita dei cittadini, specialmente nel campo della prevenzione dei sinistri e nella gestione del traffico.

Il recente avvento delle comunicazioni cellulari di quinta generazione (5G), ormai realtà pronta alla diffusione capillare, e del 6G, la prossima generazione delle comunicazioni che è già dietro l’angolo, hanno accelerato ancor di più questo andamento.

Tuttavia, il primo passo nel mondo delle comunicazioni intelligenti tra veicoli e infrastrutture è invero una realtà consolidata di cui la Scuola di Ingegneria dell’Università di Firenze è da molti anni contributore primario. Si tratta del sistema Telepass®, una delle applicazioni tecnologiche in cui l’Italia fu pioniera a partire dagli anni ’90. Il Telepass è lo strumento che ha reso automatica la riscossione dei pedaggi dovuti al gestore della concessione autostradale tramite comunicazione radio.

Nel mondo globale delle telecomunicazioni, questo tipo di comunicazione radio è nota con il nome di *Dedicated Short Range Communication* (DSRC), e la riscossione del pedaggio è nota come Electronic Toll Collection (ETC).

Firenze ospita uno dei centri di competenza della ricerca nel campo delle comunicazioni veicolari e del telepass, ovvero ATECH, Autostrade TECHnology, il centro di ricerca che si occupa dello sviluppo tecnologico per il Gruppo colosso Autostrade per l’Italia.

Già nel 1989 fu presentato e sperimentato il primo apparato Telepass nelle stazioni di Prato Calenzano e Firenze Nord, sviluppato grazie alle collaborazioni tra la Facol-

Alessandro Cidronali, University of Florence, Italy, [alessandro.cidronali@unifi.it](mailto:alessandro.cidronali@unifi.it), 0000-0002-1064-7305

Giovanni Collodi, University of Florence, Italy, [giovanni.collodi@unifi.it](mailto:giovanni.collodi@unifi.it), 0000-0003-4507-6888

Stefano Maddio, University of Florence, Italy, [stefano.maddio@unifi.it](mailto:stefano.maddio@unifi.it), 0000-0002-4481-1791

Gianfranco Manes, University of Florence, Italy, [gianfranco.manes@unifi.it](mailto:gianfranco.manes@unifi.it), 0000-0002-6345-9631

Marco Passafiume, University of Florence, Italy, [marco.passafiume@unifi.it](mailto:marco.passafiume@unifi.it), 0000-0002-9620-810X

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Alessandro Cidronali, Giovanni Collodi, Stefano Maddio, Gianfranco Manes, Marco Passafiume, *Il cuore fiorentino del sistema Telepass*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.17, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell’Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell’Informazione*, pp. 69-70, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

tà di Ingegneria e le industrie elettroniche dell'area fiorentina. L'anno successivo, in occasione dei mondiali di calcio, il sistema Telepass fu installato in circa 800 caselli.

In questa condizione favorevole è fiorito il rapporto tra ATECH e l'Università di Firenze, dando vita al Laboratorio Congiunto tra Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e Atech denominato 'Tecnologie e Sistemi per l'Info-Mobilità' che ha la missione di investigare e sviluppare le nuove tecnologie per le comunicazioni veicolari in vista di una loro integrazione nelle cosiddette smart cities. Nell'ambito di queste attività di ricerca è scaturita la pubblicazione scientifica *Car talk: Technologies for vehicle-to-roadside communications* insignita del Best Paper of the Year 2016 della rivista *IEEE Microwave Magazine*.



Figure 34 – A sinistra, prototipo dell'On-Board Unit per pedaggio interoperabile europeo; a destra, prototipo della Road-Side Unit per pedaggio free-flow.

## CE.TA.CE.: un progetto pilota di laboratorio universitario per il trasferimento tecnologico

*Marcantonio Catelani*

Il Laboratorio CE.TA.CE (Centro di Taratura e Certificazione) nasce nel 1990 su proposta dell'allora Dipartimento di Ingegneria Elettronica (DIE) della Facoltà di Ingegneria di Firenze nelle persone dei colleghi 'misuristi' Proff. Gaetano Iuculano e Antonio Zanini e del collega 'elettrotecnico' Prof. Antonino Liberatore. Sono coinvolti attivamente nell'iniziativa l'Ing. Lorenzo Spinelli e il tecnico del laboratorio di Elettrotecnica Maurizio Monticelli. L'iniziativa di Dipartimento viene proposta a CESVIT, Associazione costituita da Provincia di Firenze, Comuni di Firenze e Prato, Camera di Commercio, Associazioni di categoria industriali e artigiane, A.P.I. Toscana e C.N.A. di Firenze la cui primaria finalità, come Centro per lo sviluppo, era favorire la ricerca tecnologica da parte delle imprese, con particolare attenzione alle piccole e medie realtà.



Figura 35 – 1990 – Il progetto CE.TA.CE. una prima iniziativa di laboratorio universitario per il trasferimento tecnologico.

Marcantonio Catelani, University of Florence, Italy, [marcantonio.catelani@unifi.it](mailto:marcantonio.catelani@unifi.it), 0000-0002-9537-9724

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Marcantonio Catelani, *CE.TA.CE.: un progetto pilota di laboratorio universitario per il trasferimento tecnologico*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.18, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 71-73, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

CE.TA.CE. (in seguito anche Cesvit-Cetace o Cetace), come progetto pilota, si configura quindi come una delle prime iniziative di trasferimento tecnologico avviate dal Dipartimento di Ingegneria Elettronica il cui obiettivo primario era quello di creare un centro di servizio ed un supporto dinamico ed efficiente per la soluzione di problemi inerenti la certificazione della qualità e dell'affidabilità, e dei servizi di taratura. Le primarie attività di Cetace riguardavano, pertanto, l'esecuzione di prove per l'attestazione della conformità a norme nazionali, internazionali e direttive comunitarie in ambito elettrico, elettromeccanico ed elettronico, il servizio di taratura di strumentazione elettrica ed elettronica (Cetace diviene centro SIT n.56/E nell'ottobre 1992), l'esecuzione di prove speciali (quali ad esempio le prove climatiche, meccaniche, protezione degli involucri, ecc.), il servizio di consulenza e le attività di formazione e informazione sul controllo qualità, l'affidabilità e le metodologie di misura. Nascono le collaborazioni con l'organismo di certificazione tedesco TÜV-GS, l'Istituto Italiano del Marchio di Qualità (IMQ), la Saudi Arabian Standards Organization per il rilascio del marchio S.A.S.O. di prodotto, allora Ispettorato tecnico del Ministero dell'industria. Nel luglio 1994 il Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato «autorizza Cesvit – Centro per lo sviluppo della Ricerca tecnologica in Firenze, al rilascio degli attestati di conformità relativamente ad alcuni prodotti in campo elettronico» (G.U. n.153 del 2 luglio 1994).

Al momento della sua costituzione, Cetace opera presso due strutture dipartimentali: il laboratorio Prove di Qualità ed Elettrotecnica (responsabile Prof. Antonino Liberatore) ed il laboratorio Misure elettriche ed elettroniche (Responsabili Proff. Gaetano Iuculano e Antonio Zanini).

La collocazione fisica del Centro in locali del sottosuolo del complesso di Santa Marta 3, sede storica della Facoltà di Ingegneria di Firenze e sede dei citati laboratori, si presenta tuttavia problematica e con evidenti limitazioni logistiche soprattutto per lo sviluppo delle attività di certificazione e l'implementazione delle prove speciali. Nasce quindi l'esigenza di uno spazio molto più ampio ma soprattutto dotato di caratteristiche e accessibilità diverse: i locali vengono individuati a Prato, in via della Repubblica. Nella nuova sede le attività del centro subiscono un incremento significativo sui diversi ambiti, sotto la supervisione dell'Ing. Spinelli supportato dall'Ing. Guido Pellicci, prevalentemente impegnato sulle attività metrologiche del centro SIT.

Nel corso degli anni si rafforzano le attività e le ricadute nel contesto socio-economico territoriale e nazionale, ed i rapporti con le aziende di ogni dimensione. Cambiano i riferimenti giuridici e amministrativi di afferenza del centro che mantiene tuttavia, ancora oggi, pur essendo di natura privata, uno stretto legame con il contesto universitario fiorentino; subentrano persone diverse nella gestione del centro (tra queste, negli anni, preme ricordare il contributo dell'Ing. Marco Pignotti in sostituzione dell'Ing. Spinelli e dell'Ing. Pellicci), fino ad arrivare ai giorni odierni in cui si assiste ad una realtà sensibilmente mutata rispetto all'inizio della sperimentazione del 1990 ma che ne mantiene comunque la primaria finalità.

Oggi Cetace fa parte di Analytical Group S.r.l., struttura privata ed indipendente che opera nel campo del testing e della certificazione di prodotti e processi con sede ad Arzignano (Vicenza), ma ha mantenuto, per volere della direzione, la sua identità come Analytical – Cetace. Il consolidato radicamento di Cetace sul territorio fiorentino consente ad Analytical di mantenere l'operatività del centro, con sede oggi a Scandicci, sotto la responsabilità dell'Ing. Silvia Storai; si vuole anche ricordare il ruolo e il contributo, negli anni, dell'Ing. Lorenzo Signorini, oggi afferente ad ACCREDIA – Ente italiano di accreditamento.

Nonostante i mutati contesti amministrativi il legame con l'Università di Firenze si è mantenuto saldo negli anni e si è concretizzato con una iniziativa di **Laboratorio**

**Congiunto di Ricerca**, esempio di stretta sinergia tra il contesto socio-economico e della produttività – nella fattispecie l'azienda Analytical – e l'Università con il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DINFO). L'attività, avviata nella forma di Laboratorio congiunto nel 2007, rappresenta una delle prime iniziative di Ateneo, rinnovata costantemente negli anni, sul tema dei «Metodi di prova e misure per la Qualificazione e l'Affidabilità», a dimostrazione della visione dei Colleghi che nel lontano 1990 pensarono alla sperimentazione. Oggi, lato Università, oltre al sottoscritto in qualità di responsabile scientifico del Laboratorio congiunto, vede la partecipazione del Prof. Lorenzo Ciani e Roberto Singuoroli nel ruolo di responsabile tecnico.



Figura 36 – Sistema di misura per il controllo di prove; banco vibrante e sistema automatico di misura in uso presso il Laboratorio.

Oggi il Laboratorio Congiunto di Ricerca si propone come importante realtà nell'ambito del trasferimento tecnologico e della sperimentazione di metodi di prova non normati<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> <https://www.analytical.it/iot-ed-elettromeccanico>



# Sistema di visione artificiale per la sicurezza delle linee ferroviarie ad alta velocità

*Alberto Del Bimbo, Marco Bertini*

Uno dei principali obiettivi di MICC Media Integration and Communication Center è lo studio e la realizzazione di sistemi di visione artificiale, oggi uno degli ambiti di maggior successo per l'applicazione delle tecnologie di Machine Learning e Intelligenza Artificiale. Le soluzioni di visione artificiale intervengono sempre più a modificare processi produttivi o operativi con soluzioni che migliorano la produttività e la sicurezza sostituendo processi manuali estremamente costosi in termini di tempo e risorse, o consentendo funzioni e livelli di sicurezza altrimenti non possibili. Tra le molte ricerche di visione artificiale trasferite in processi reali, MICC-UNIFI ha recentemente realizzato un complesso sistema di Visione Artificiale per automatizzare l'ispezione delle linee ferroviarie nazionali ad alta velocità. La ricerca, iniziata nel 2019 e terminata nel 2022 in convenzione con il Consorzio CINI e RFI Rete Ferroviaria Italiana, è parte di un progetto sperimentale di RFI che prevede la costruzione di un drone ferroviario equipaggiato con sensori di visione, opportuna potenza di calcolo e capacità di comunicazione, dovrà percorrere ad alta velocità (circa 200 km/h) i binari dell'alta velocità prima del primo treno e dopo l'ultimo, in modo da garantire la sicurezza sulla linea ferroviaria. Al sistema di visione artificiale è richiesto di rilevare automaticamente eventuali anomalie, quali presenza di oggetti abbandonati sui binari, persone in prossimità della linea, furti di materiali alle infrastrutture.... Il contesto operativo richiede la soluzione di distinti e complessi problemi: la necessità di stabilizzare le sequenze video acquisite dai diversi sensori posti sul veicolo in movimento; l'esigenza di effettuare la rilevazione degli oggetti eventualmente presenti sui binari ad alcune centinaia di metri sia in condizioni di visibilità diurna che notturna, sia in condizioni climatiche ottimali che avverse; l'esigenza di rilevare le anomalie confrontando sezioni di linea per una lunghezza complessiva di centinaia di chilometri.

Alberto Del Bimbo, University of Florence, Italy, [alberto.delbimbo@unifi.it](mailto:alberto.delbimbo@unifi.it), 0000-0002-1052-8322

Marco Bertini, University of Florence, Italy, [marco.bertini@unifi.it](mailto:marco.bertini@unifi.it), 0000-0002-1364-218X

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Alberto Del Bimbo, Marco Bertini, *Sistema di visione artificiale per la sicurezza delle linee ferroviarie ad alta velocità*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.19, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 75-77, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

Più in dettaglio, il sistema di visione artificiale realizza tre distinti compiti, ai quali corrispondono distinti moduli di visione artificiale:

- T1 Riconoscimento di ostacoli e anomalie a lunga distanza e alta velocità;
- T2 Consapevolezza situazionale a breve raggio e moderata velocità;
- T3 Sorveglianza a breve raggio, senza movimento.

Le telecamere a bordo del drone sono opportunamente disposte secondo un layout simmetrico per far sì che le funzioni di visione siano attive per entrambi i sensi di marcia a seconda della direzione di movimento del mezzo, e sono selezionate per operare sia nello spettro del visibile per la visione diurna, sia nel segmento di frequenze dell'infrarosso per la visione notturna, a lungo e breve raggio. La figura di seguito mostra la disposizione delle telecamere sul veicolo e l'aspetto di un drone ferroviario.

Le soluzioni di visione artificiale impiegano tecnologie di *deep learning* con reti neurali profonde per le funzioni di rilevazione e classificazione, addestrate su dataset di immagini nel visibile e nel termico. I diversi moduli funzionali del sistema effettuano:

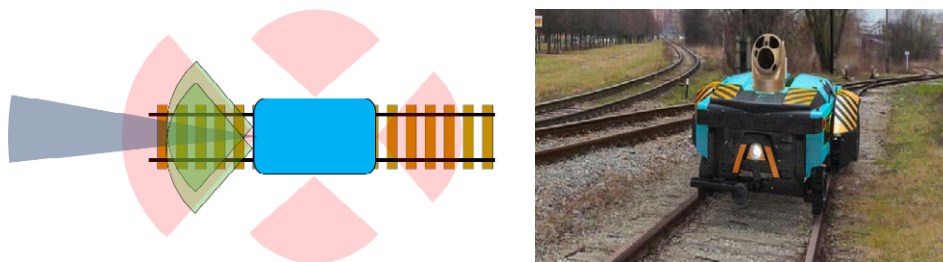


Figura 37 – Disposizione delle telecamere sul drone ferroviario con relativo campo visivo ed esempio di veicolo.

a) La rilevazione in tempo reale di ostacoli, oggetti e persone, e anomalie a lunga distanza quando il veicolo si muove a velocità elevata (Task1). Un esempio di rilevazione nel termico è riportato nella figura seguente.



Figura 38 – Sistema di visione artificiale operante nel dominio termico: esempio di rilevazione di persone in prossimità dei binari.

b) La rilevazione in tempo reale della presenza di persone in prossimità della linea quando il veicolo si muove a bassa velocità utilizzando il flusso video da telecamere

mid-range laterali (Task2) e la cattura dei tratti biometrici facciali per un successivo riconoscimento off-line (Task3).

c) La rilevazione e classificazione in tempo reale degli oggetti anomali rilevati in prossimità della linea utilizzando il flusso video da telecamere mid-range laterali (Task2).

d) L'acquisizione di una mappa 2D del percorso utilizzando i sensori lineari ad alta velocità (70 kHz line rate) multispettrali (visibile e near IR) installati lateralmente. La mappa verrà archiviata con l'annotazione del giorno e ora e luogo della rilevazione per poter essere successivamente ricercata e confrontata con le rilevazioni passate in modo da verificare l'eventuale presenza di danneggiamenti o furti di elementi infrastrutturali quali pali, cavi... (Task2)

e) La stima in tempo reale della distanza del veicolo da un veicolo eventualmente fermo, utilizzando il flusso video dalle due telecamere frontali attraverso algoritmi di visione stereo (Task2).

Il sistema effettua infine una mappatura tridimensionale del contesto intorno al veicolo utilizzando il flusso 3D da LiDAR per poter poi rilevare le differenze da una precedente mappa in modo automatico, combinando dati GPS e dati visivi per riconoscere il cambiamento avvenuto.

Alla realizzazione del sistema hanno partecipato i ricercatori del MICC e in particolare i Proff. Marco Bertini e Alberto Del Bimbo.



# Il sistema 'Point-At' a Palazzo Medici Riccardi

Alberto Del Bimbo

Ai ricercatori del MICC (*Media Integration and Communication Center*) – centro di eccellenza nell'area dei *new media* istituito dal MIUR nel 2001 presso l'Università di Firenze – si devono alcune delle realizzazioni più innovative sul territorio toscano e nazionale di impiego di nuove soluzioni ICT per migliorare la fruizione dei contenuti dei beni culturali. Tra questi il sistema 'Point-At' a Palazzo Medici Riccardi, installato nel 2004 dopo un ampio progetto sostenuto dalla Provincia di Firenze, rappresenta una delle più interessanti realizzazioni di 'interazione naturale' con contenuti digitali per favorire la comprensione dei contenuti di opere artistiche.

Palazzo Medici Riccardi è stato l'abitazione della famiglia Medici e comprende al suo interno, insieme ad altre numerose opere, un capolavoro della pittura rinascimentale: la Cappella dei Magi, affrescata da Benozzo Gozzoli. Le pareti della cappella, completamente decorate, raccontano per immagini una storia antica e complessa della metà del '400 quando i Medici ospitarono a Firenze il concilio tra la Chiesa latina e la Chiesa di Costantinopoli, che avrebbe dovuto favorire la riunificazione fra le due chiese. Nell'affresco sono pertanto rappresentati i protagonisti, la famiglia Medici in evidenza, in un insieme allegorico (la cavalcata dei magi) con scene di vita e costumi dell'epoca. Il tema rappresentato dall'artista, i diversi piani, storico e allegorico, i molti dettagli ed elementi di costume, rendono l'insieme estremamente complesso da comprendere per il comune visitatore. L'ambiente della cappella è inoltre ristretto e consente la presenza di poche persone per pochi minuti. I due fattori fanno sì che l'esperienza del visitatore si riduca ad un contatto emotivo, senza avere osservato i particolari e aver compreso appieno il significato dell'opera.

Il sistema Point-At, realizzato dal 2003 al 2005, è stato un sistema all'avanguardia nell'ambito della visita museale assistita da sistemi di Visione Artificiale, affiancando alla facilità e naturalezza dell'interazione la componente dell'*edutainment*, integrando informazione e spettacolarità. Il sistema Point-At proponeva infatti una modalità di interazione naturale assolutamente innovativa per quegli anni, grazie alla quale, davanti ad un grande schermo su cui è visualizzato a grandezza naturale l'intero affresco, il visitatore poteva richiedere informazioni circa i dettagli dell'opera più o meno nello stesso modo in cui si sarebbe rivolto ad una gui-

Alberto Del Bimbo, University of Florence, Italy, alberto.delbimbo@unifi.it, 0000-0002-1052-8322

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Alberto Del Bimbo, *Il sistema 'Point-At' a Palazzo Medici Riccardi*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.20, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 79-81, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

da, ovvero indicando l'elemento di interesse nell'affresco: «chi è quel personaggio? Perché è nell'affresco?», e ricevere in audio risposte sui dettagli indicati con contenuti qualificati.



Figura 39 – La Cavalcata dei Magi di Benozzo Gozzoli.

Il *software* di visione artificiale estrae dalla sequenza di immagini acquisite da due telecamere la silhouette del visitatore, rileva il gesto con cui il visitatore indica il dettaglio di interesse e calcola le coordinate del punto indicato sull'affresco. La persistenza dell'atto di indicare per alcuni secondi è interpretata come richiesta di informazione. In risposta, il sistema visualizza il particolare in alta risoluzione e restituisce spiegazioni attraverso un diffusore audio. L'obiettivo del sistema era di introdurre il visitatore alla visita della cappella, coinvolgendolo nella esplorazione dei dettagli e aiutandolo nella comprensione del significato dell'intera opera.

Al progetto hanno collaborato studiosi e professionisti di diverse discipline: l'unità di ricerca del MICC coordinata da Alberto Del Bimbo, con Carlo Colombo e Alessandro Valli, Thomas Alisi e Giampaolo D'Amico per la progettazione e la realizzazione del sistema; Grazia Pietrasanta per la realizzazione della grafica; Cristina Acidini e Elena Capretti per i testi e la ricerca filologica; Vittorio Maschietto e Perla Gianni per l'allestimento architettonico; Il centro di ricerca, produzione e didattica musicale Tempo Reale per la restituzione audio. E infine la collaborazione continua di Alessandro Belisario della Provincia di Firenze (Colombo 2003, Alisi 2005).

Il sistema, sperimentato da migliaia di turisti visitatori, è stato attivo fino al 2016, installato nella camera che fu di Lorenzo il Magnifico al piano terra del palazzo, dove oggi è ubicata la biglietteria del museo.

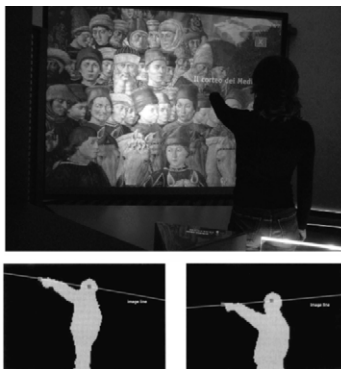


Figura 40 – Sistema a interazione naturale progettato dal MICC e installato presso il Palazzo Medici Riccardi a Firenze.

Riferimenti bibliografici

- Alisi, T. M., A. Del Bimbo e A. Valli. 2005. "Natural Interfaces to Enhance Visitors' Experience." *IEEE Multimedia*: 80-85.
- Colombo, C., A. Del Bimbo e A. Valli. 2003. "Visual Capture and Understanding of Hand Pointing Actions in a 3D Environment." *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part B: Cybernetics* 33(4): 677-86.



# Posizionamento a banda ultra-larga per applicazioni sportive: un servizio avanzato e a basso costo per il benessere di tutti gli sportivi

*Marco Dolfi, Alessio Martinelli, Simone Morosi*

Nella vita quotidiana, i sistemi di comunicazione, monitoraggio e localizzazione svolgono un ruolo fondamentale nell'aumentare la percezione di comfort e sicurezza, oltre a migliorare la qualità delle attività e delle interazioni con le diverse istituzioni con cui ci confrontiamo. In particolare, le tecniche di posizionamento e navigazione hanno recentemente acquisito una rilevanza sempre maggiore, anche in virtù dell'uso quasi incessante degli smartphone per finalità sociali, commerciali e ricreative. Tra i settori in cui i servizi basati sulla localizzazione (location-based services, LBS) riscontrano un notevole successo, è opportuno menzionare anche le applicazioni relative alla salute, al benessere e allo sport.

In questo contesto generale, i ricercatori e le ricercatrici del Laboratorio di Elaborazione dei Segnali e Comunicazione (LESC) del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Firenze hanno avviato, a partire dal 2013, un'attività di ricerca intensa e proficua focalizzata sulle tecniche e sui sistemi di posizionamento. Tra i temi esplorati nel corso degli anni si annoverano l'adozione di strategie cooperative nei sistemi GPS (Morosi, Martinelli, Del Re 2016), l'integrazione delle tecniche di navigazione satellitare con quelle inerziali (Basso et al. 2021), l'identificazione dei vari movimenti e della lunghezza dei passi in sistemi Dead Reckoning di tipo pedestrian (Martinelli, Morosi, Del Re 2016; Martinelli et al. 2018) e infine lo sviluppo di sistemi di localizzazione a banda ultra-larga in contesti ludico-sportivi (Martinelli et al. 2020). Di seguito, verranno illustrati alcuni dei risultati più significativi conseguiti nell'ambito delle attività di ricerca e sperimentazione riguardanti il posizionamento a banda ultra-larga per applicazioni sportive.

Come è ben noto, le tecniche di posizionamento e navigazione possono essere suddivise in due categorie principali: il position fixing e il Dead Reckoning. La prima consente di determinare la posizione con un margine d'errore contenuto, facendo leva sulla comunicazione tra l'oggetto in movimento e un'infrastruttura esterna, quale un sistema

Marco Dolfi, University of Florence, Italy, marco.dolfi@unifi.it, 0000-0001-5520-7322

Alessio Martinelli, University of Florence, Italy, alessio.martinelli@unifi.it, 0000-0002-8509-5322

Simone Morosi, University of Florence, Italy, simone.morosi@unifi.it, 0000-0002-0145-8406

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Marco Dolfi, Alessio Martinelli, Simone Morosi, *Posizionamento a banda ultra-larga per applicazioni sportive: un servizio avanzato e a basso costo per il benessere di tutti gli sportivi*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.21, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 83-86, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

satellitare. Al contrario, la seconda si basa esclusivamente su sensori installati a bordo dell'oggetto per calcolare la distanza percorsa e la direzione. Un esempio emblematico di successo nell'applicazione del metodo position fixing è rappresentato dal Global Positioning System (GPS). D'altro canto, i sistemi di navigazione inerziale (INS) sono considerati una tecnologia consolidata che adotta l'approccio del Dead Reckoning.

Il posizionamento a banda ultra-larga (Ultra-Wide Band UWB) rappresenta una soluzione promettente per il tracciamento della posizione nel contesto sportivo. Questa tecnologia è in grado di supportare una dinamica elevata nei movimenti, poiché consente di determinare la posizione target con frequenze elevate e precisione poco più che centimetrica. Un sistema di posizionamento UWB segue un modello di position fixing e si fonda su un'infrastruttura fissa locale, che può essere installata sia in ambienti interni che esterni. La tecnologia UWB impiega segnali di comunicazione a banda larga, particolarmente idonei per il posizionamento indoor e per contesti caratterizzati da una significativa presenza di multipath. È importante notare che tale fenomeno può compromettere notevolmente le prestazioni dei sistemi di posizionamento che utilizzano segnali a banda stretta, come nel caso del GNSS, a causa dell'effetto di evanescenza o fading sul segnale ricevuto.

Nel contesto sportivo del calcio a cinque, la struttura fondamentale del sistema è costituita da quattro ricevitori UWB statici, noti come ancore, collocati agli angoli del campo, e da un giocatore in movimento equipaggiato con un trasmettitore UWB indossabile (tag), come illustrato nella Figura 41.

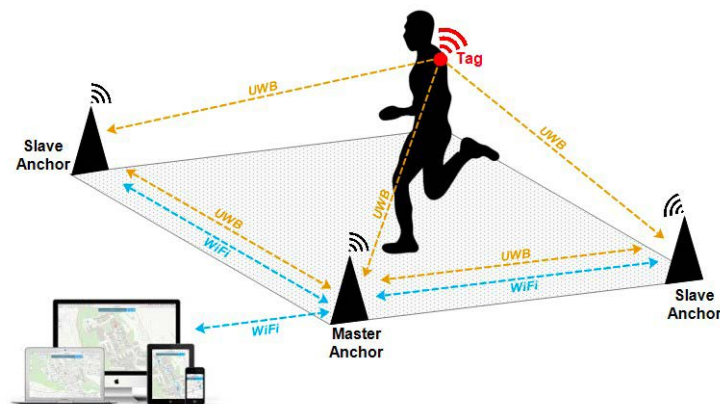


Figura 41 – L'architettura proposta per il sistema di posizionamento UWB.

Poiché la differenza di altitudine tra l'antenna trasmittente e quella ricevente ha un impatto significativo sulle prestazioni di un sistema di localizzazione che utilizza segnali UWB, sono state ottimizzate le performance del sistema proposto, tenendo conto di diverse altezze per l'antenna ricevente. In particolare, si è fatto riferimento all'altezza media alla quale si trova l'antenna trasmittente del tag, indossato sulla parte superiore della schiena del soggetto, come illustrato nella Figura 42 (a destra).

Nell'ambito della valutazione delle prestazioni del sistema (Martinelli et al. 2020) si è richiesto ad alcuni volontari di mantenere una velocità costante mentre percorrevano un tracciato prestabilito all'interno dell'area di gioco, come rappresentato nella Figura 43. Questo percorso è stato progettato per simulare in modo ottimale una serie di movimenti naturali che un calciatore potrebbe eseguire durante una partita reale di calcio a cinque, includendo le traiettorie più comuni. Per confrontare le prestazioni

del sistema di posizionamento in relazione alle diverse altezze delle antenne dei ricevitori, sono state considerate tre metriche: la precisione della posizione stimata per il trasmettitore UWB, la percentuale di pacchetti persi da ciascun'ancora e la percentuale di pacchetti ricevuti da una, due, tre e quattro ancore rispetto al totale dei pacchetti trasmessi. La seconda metrica si concentra sulla valutazione delle prestazioni del singolo collegamento di comunicazione tra il trasmettitore e i ricevitori, mentre la terza mira a stimare l'efficacia del sistema di posizionamento nella determinazione della soluzione di posizione. Inoltre, è stata analizzata la potenza del segnale rilevata da ciascun ricevitore per le tre altezze testate, osservandone la variazione in funzione della posizione del giocatore in movimento.



Figura 42 – (a sinistra) Struttura hardware del tag. (a destra) Il tag indossato sulla parte superiore della schiena del giocatore (racchiuso in un piccolo case giallo).

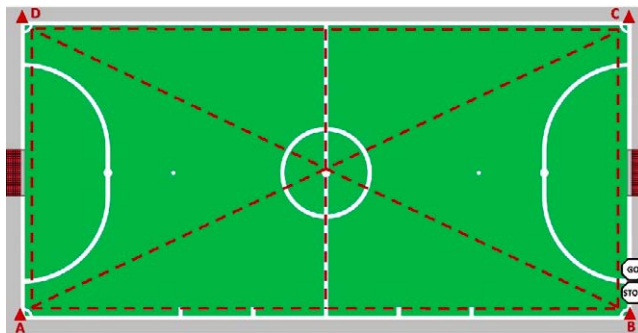


Figura 43 – Il campo da calcio utilizzato (39 m x 20.20 m). La linea tratteggiata rossa illustra il percorso sperimentale della prova, che è stato percorso da ciascun giocatore in entrambe le direzioni. I coni rossi rappresentano i quattro ricevitori UWB statici posti agli angoli del campo.

Le prove sperimentali precedentemente illustrate hanno dimostrato che la configurazione con un'altezza dell'antenna di 1,60 m produce i risultati più favorevoli, caratterizzati da un RMSE inferiore, una minore percentuale di pacchetti persi dalle ancore e un numero maggiore di pacchetti ricevuti correttamente dalle tre ancore. Le attività mirate all'ottimizzazione del sistema di localizzazione a banda ultra-larga hanno costi-

tuito la base per la redazione di un articolo pubblicato su una rivista scientifica internazionale sottoposta a peer review, nonché per alcuni contributi presentati in conferenze. Inoltre, il sistema di posizionamento sviluppato è stato brevettato nel 2018. Attualmente, i ricercatori e le ricercatrici del LESC stanno esplorando l'integrazione del sistema a banda ultra-larga con un sistema di posizionamento inerziale.

#### Riferimenti bibliografici

- Morosi, S., A. Martinelli e E. Del Re. 2016. "Peer-to-peer cooperation for GPS positioning." *International Journal of Satellite Communications and Networking* 35(4).
- Basso, M., A. Martinelli, S. Morosi e F. Sera. 2021. "A Real-Time GNSS/PDR Navigation System for Mobile Devices." *Remote Sensing* 13(8): 1567.
- Martinelli, A., S. Morosi e E. Del Re. 2016. "Daily Living Movement Recognition for Pedestrian Dead Reckoning Applications." *Mobile Information Systems* 2016: Article ID 7128201.
- Martinelli, A. et al. 2018. "Probabilistic Context-aware Step Length Estimation for Pedestrian Dead Reckoning." *IEEE Sensors Journal* 18(4): 1600-11.
- Martinelli, A. et al. 2020. "Ultra-wide Band Positioning in Sport: How the Relative Height Between the Transmitting and the Receiving Antenna Affects the System Performance." *International Journal of Wireless Information Networks* 27(1): 18-29.

# L'ingegneria ferroviaria a Firenze nell'era del computer

*Alessandro Fantechi*

*Questo capitolo aggiorna quello di ugual titolo apparso nel volume Ingegneri & Ingegneria a Firenze. A quarant'anni dall'istituzione della Facoltà di Ingegneria datato 2013.*

*In questi dieci anni, è certo immutata l'attenzione di Santa Marta verso l'industria ferroviaria presente nel territorio: le collaborazioni e i progetti congiunti si sono anzi moltiplicati, tanto da rendere impossibile in poche pagine ricordarli tutti, a meno di voler fare un noioso e poco significativo elenco puntato. Ma si è invece accentuata quella trasformazione dell'industria ferroviaria, e dello stesso trasporto ferroviario, a cui si accennava nel capitolo di dieci anni fa. L'aggiornamento di questo capitolo rende evidente questa evoluzione, soprattutto nella continua trasformazione societaria delle aziende del territorio che operano in questo settore industriale, che ha spazzato via la maggior parte dei loro nomi storici.*

Firenze vanta una lunga tradizione nell'ingegneria ferroviaria. Sede già nell'800 del Servizio Studi Locomotive della Rete Adriatica, quando nel 1905 le ferrovie vennero nazionalizzate la progettazione di tutto il materiale rotabile (locomotive, carri e carrozze) venne accentrata a Firenze, in quello che è passato alla storia come il Servizio Materiale e Trazione delle Ferrovie dello Stato, in viale Lavagnini 58. Non stupisce che, per ragioni di vicinanza alla progettazione ed alla gestione e manutenzione di tutto il parco rotabile, tutta l'area fiorentina abbia visto il fiorire di numerose aziende dedicate al supporto del Servizio.

Mentre alcune di queste, come ad esempio l'Elettromeccanica Lampredi, sono scomparse negli anni, altre, quali la Frensistemi, la Niccoli & Naldoni, la Siette e la Siliani si sono via via trasformate per rimanere al passo delle mutate esigenze del mercato.

Se negli anni '60-'80 lo sviluppo di rotabili ad alta velocità aveva dato notevole impulso al Centro di Dinamica Sperimentale, tuttora esistente anche se appartenente alla società Italcertifer S.p.A. e situato nel nuovo Impianto di Osmannoro e non più nella storica sede al Romitino, con gli anni '90 e con il nuovo millennio la situazione è mutata definitivamente. La progettazione ha mutato indirizzo: rispetto al passato, carat-

Alessandro Fantechi, University of Florence, Italy, [alessandro.fantechi@unifi.it](mailto:alessandro.fantechi@unifi.it), 0000-0002-4648-4667

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Alessandro Fantechi, *L'ingegneria ferroviaria a Firenze nell'era del computer*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.22, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 87-90, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

terizzato da mercati puramente nazionali, oggi molte delle aziende del territorio, e in particolare quelle suddette, appartengono a gruppi internazionali: Frensisistemi oggi è Knorr Bremse Italia, Siliani, attraverso altri due passaggi di *brand* è ora parte di ALSTOM, Niccoli & Naldoni è Wegh Group. Anche Siette, dopo l'acquisizione dell'allora diventata ALCATEL da parte di Thales, è negli ultimi mesi passata a Hitachi Rail Italy. Se allarghiamo l'orizzonte fino a Pistoia, la Breda Ferroviaria, poi AnsaldoBreda, è diventata parte di Hitachi Rail Italy, ed ECM è ora Progress Rail del gruppo Caterpillar.

Anche se la Facoltà di Ingegneria è decisamente più giovane del Servizio Studi Locomotive, nondimeno le collaborazioni furono stabilite fin dalla sua costituzione. Fra i docenti della Facoltà abbiamo annoverato il Prof. Brandani, ex FS e responsabile della dieselizzazione del dopoguerra, e l'Ing. Liverani che è passato alla storia per aver attivato il sistema di circolazione centralizzata (DCO) di Bologna. I primi due laureati in Ingegneria presso la Facoltà, il 10 gennaio 1974 hanno discusso tesi di progettazione meccanica di rotabili ferroviari, e così pure quelli che li hanno seguiti dopo pochi mesi.

Anche negli ultimi decenni, la nostra Facoltà, ora diventata Scuola, ha visto numerose collaborazioni, fra l'altro, con il Dipartimento di Energetica e con il Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali (adesso fusi nel Dipartimento di Ingegneria Industriale) per affrontare i tipici temi della trazione ferroviaria.

Due docenti della Scuola di Ingegneria sono da vari anni impegnati nel Comitato scientifico del Distretto Tecnologico Ferroviario (DITECFER), basato a Pistoia, che raggruppa ad oggi oltre cinquanta imprese e organismi di ricerca di varia dimensione che operano nel settore ferroviario.

Il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, con la sua particolare attenzione alla sostenibilità, si è rivolto naturalmente a questo settore, favorendo ulteriori collaborazioni con industrie ed altre Università: la recente costituzione del Centro Nazionale Mobilità Sostenibile (MOST) finanziato dal PNRR vede la partecipazione attiva di diversi docenti dei Dipartimenti di Ingegneria allo Spoke 4 Trasporto Ferroviario e allo Spoke 9 Trasporto e Mobilità Urbana.

È recente anche la costituzione del laboratorio congiunto MORE – Mobility hOlistic REsearch, tra l'Università di Firenze, il Research Centre del Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane, e la Florence School of Regulation on Transport dell'Istituto Universitario Europeo.

Rispetto al ricordato impegno industriale dell'area fiorentina e pistoiese nello sviluppo di veicoli ferroviari, è forse meno nota un'area di sviluppo della tecnologia ferroviaria in cui il territorio fiorentino ha saputo dare un suo valido contributo, ovvero quella del segnalamento ferroviario; una specifica area che merita di essere riportata in questa sede perché testimonia la 'sostituzione tecnologica' apportata dalle tecnologie ICT in questa specifica area: a questa motivazione si aggiungono meri motivi autobiografici.

La Angiolo Siliani S.p.A., ditta presente dal 1924, è stata per decenni fornitrice delle Ferrovie dello Stato di sistemi e componenti elettromeccanici ed elettronici, spesso sfruttando le competenze dei docenti e ricercatori della Facoltà di Ingegneria.

Alla fine del secolo scorso la Siliani si è trovata ad affrontare la transizione dai sistemi elettromeccanici precedentemente sviluppati ai sistemi informatizzati, in cui il software assume una sempre maggiore importanza, soprattutto in relazione agli aspetti di sicurezza, fondamentali in questa categoria di sistemi. Le sfide lanciate dai nuovi scenari dell'esercizio ferroviario (liberalizzazione, distinzione tra infrastruttura ed esercizio, alta velocità, interoperabilità europea...) portano infatti con sé notevoli ripercussioni sulla sicurezza. L'innovazione tecnologica punta a garantire la sicurezza attraverso la distribuzione sempre più massiccia di innovativi apparati di segnalamento (SCMT, SSC, ERTMS/ETCS, sistemi di blocco conta assi ed interlocking multista-

zione) e di monitoraggio (sistemi diagnostici a bordo treno o a terra, sia per i rotabili che per l'infrastruttura). Anche il più piccolo di ognuno di questi apparati elettronici contiene del software, che spesso costituisce di gran lunga il costo di progettazione maggiore dell'apparato: la malleabilità del software è alla base stessa delle innovazioni, consentendo di ottenere un'alta flessibilità operativa a costi contenuti. Di contro, il software è noto per la facilità che alberghi i cosiddetti 'bug', che possono far fallire un'applicazione software anche in modo catastrofico. Gli alti standard di sicurezza richiesti dall'esercizio ferroviario impongono quindi che proprio lo sviluppo del software sia garantito come immune da difetti, impiegando le più efficaci tecniche di sviluppo, verifica e validazione del software.

La collaborazione con l'allora Dipartimento di Sistemi e Informatica, e con l'attuale Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DINFO) dell'Università di Firenze ha contribuito ad affrontare con successo questa complessa transizione, che ha coinciso con il processo di internazionalizzazione dell'azienda stessa prima ricordato: Siliani è dapprima entrata a far parte del gruppo americano Harmon, che è stato poi a sua volta acquisito dal colosso General Electric Transportation Systems, il cui settore del segnalamento ferroviario è stato poi acquisito da ALSTOM, con una conseguente crescente globalizzazione del mercato accessibile.

Il contributo offerto dall'Università si può dire si sia sviluppato su due assi; il primo riguarda la collaborazione diretta, che ha visto nel primo ventennio di questo secolo la stipula di varie convenzioni di ricerca, l'attivazione di una decina di assegni di ricerca, la discussione di una ventina di tesi di Laurea prevalentemente in Ingegneria Informatica.

All'interno di questa intensa attività di collaborazione il contributo accademico ha aiutato a definire e migliorare incrementalmente i processi di sviluppo di verifica e validazione, attraverso una serie di passi quali:

- l'adozione di tecniche e strumenti di testing che garantissero una copertura del codice prodotto conforme a quanto richiesto dalle normative del settore (ENS0128 in primis);
- l'adozione di un processo di sviluppo basato sulla modellazione preventiva (Model-Based Design), con generazione automatica del codice a partire da modelli formalizzati;
- l'adozione di tecniche di verifica coerenti con le modellazioni eseguite (Model-Based Testing);
- la sperimentazione di tecniche di verifica formale basate su Model Checking per la verifica della logica degli Apparati Centrali;
- l'adozione di sofisticati banchi di prova per la validazione di sistema delle apparecchiature prodotte.

Alcune di queste esperienze, per la loro forte valenza innovativa, hanno potuto essere fonte di pubblicazioni su riviste internazionali e presentazioni a conferenze internazionali in sedi di prestigio. Se è vero che la collaborazione diretta tra DINFO e ALSTOM si è affievolita negli ultimi anni, tali esperienze hanno comunque costituito un prezioso background che il laboratorio di Tecnologie Software del DINFO ha saputo sfruttare in altri progetti di ricerca con finanziamenti europei, nazionali e regionali, tra cui il già citato MOST-PNRR, anche in collaborazione con altre delle aziende prima menzionate, ma anche al di fuori del settore ferroviario.

L'altro asse di intervento è quello più caratteristico dell'Università: ben più di una decina di laureati in Ingegneria Informatica, in Ingegneria Elettronica e Ingegneria delle Telecomunicazioni sono infatti stati assunti negli ultimi due decenni da ALSTOM; molti di loro erano entrati in contatto con questa realtà industriale già durante la preparazione della tesi di Laurea, altri dopo un Dottorato. Questo capitale umano, formatosi

sui banchi della Facoltà di Ingegneria, costituisce in effetti un prezioso asset della sede fiorentina di ALSTOM. Data l'elevata mobilità tipica di un settore industriale all'avanguardia, diversi di questi laureati hanno preferito lasciare l'azienda per altre aziende sul territorio, spesso sostituiti da altri laureati in Ingegneria a Firenze, provenienti a loro volta da altre realtà lavorative: è in fin dei conti questa fertilizzazione incrociata di competenze che alimenta la vitalità e l'innovazione dell'industria fiorentina e toscana.

# Giovanni Soda e l'intelligenza artificiale a Firenze

*Paolo Frasconi, Marco Gori, Marco Lippi, Simone Marinai*

Giovanni Soda è stato una figura chiave per lo sviluppo dell'intelligenza artificiale in Toscana. Dopo aver lavorato per vari anni in ambiti più tradizionali dell'informatica, dalle strutture dati ai linguaggi di programmazione ed alle basi di dati, nella seconda metà degli anni '80 è stato tra i primi in Italia ad iniziare a studiare connessionismo e reti neurali, sull'onda della comparsa dei primi algoritmi efficaci per l'apprendimento sotto-simbolico. Come sappiamo, questi primi algoritmi sono valsi recenti premi Nobel e sono alla base delle idee fondamentali su cui è costruita l'AI contemporanea, che probabilmente cambierà nei prossimi anni le nostre esistenze più di altre recenti rivoluzioni tecnologiche. Oggi non mancano preoccupazioni su possibili derive pericolose di un'AI autonoma, del suo uso da parte degli umani, e delle sue implicazioni geopolitiche. Se ne parlava poco negli anni in cui Giovanni è stato con noi. Le sue idee per la società mettevano in primo piano inclusività, collaborazione, solidarietà, e magari, in senso asimoviano, apertura all'integrazione di qualsiasi tipo di pensiero intelligente, nel rispetto di regole condivise. Forse, se le sue idee si fossero concretizzate, le attuali preoccupazioni sull'AI sarebbero meno diffuse. In quegli anni però, occuparsi di AI era tutt'altro che semplice e scontato, in un contesto dove la cultura scientifica nell'informatica e nella statistica, soprattutto in Italia, era dominata da metodi costruiti su solide fondamenta teoriche, quando invece lo studio delle reti neurali chiedeva anche una forte componente metodologica tipica delle scienze empiriche. Ovviamente Giovanni dovette confrontarsi con alcune ostilità e non sappiamo dire se le abbia superate più grazie al coraggio o alla curiosità e alla voglia di conoscere. Siamo però certi che nessuna delle due cose gli mancava.

Giovanni aveva inoltre grandi capacità di interessere genuine relazioni sociali, e con poche decine di colleghi in Italia ha contribuito nel 1988 all'incubazione ed alla fon-

Paolo Frasconi, University of Florence, Italy, [paolo.frasconi@unifi.it](mailto:paolo.frasconi@unifi.it), 0000-0003-3117-9245

Marco Gori, University of Florence, Italy, [marco.gori@unifi.it](mailto:marco.gori@unifi.it), 0000-0001-6337-5430

Marco Lippi, University of Florence, Italy, [marco.lippi@unifi.it](mailto:marco.lippi@unifi.it), 0000-0002-9663-1071

Simone Marinai, University of Florence, Italy, [simone.marinai@unifi.it](mailto:simone.marinai@unifi.it), 0000-0002-6702-2277

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Paolo Frasconi, Marco Gori, Marco Lippi, Simone Marinai, *Giovanni Soda e l'intelligenza artificiale a Firenze*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.23, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 91-92, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

dazione dell'Associazione Italiana per l'Intelligenza Artificiale, nella quale ha rivestito in seguito ruoli importanti. Subito dopo ha fondato il Laboratorio di Intelligenza Artificiale, a lui oggi intitolato, presso l'allora Dipartimento di Sistemi e Informatica.

Nella sua carriera Giovanni ha dedicato molta attenzione alla didattica. È stato tra i primi docenti della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze e numerosi studiosi ed imprenditori di successo sono stati suoi studenti in passato. È stato tra i protagonisti principali nella realizzazione del nuovo corso di Laurea in Ingegneria Informatica, che ha presieduto in difficili anni di radicali riforme. In questo ha seguito con dedizione le numerose vicissitudini procedurali, cercando sempre soluzioni condivise con i colleghi, ma anche prestando attenzione alle necessità degli studenti, fino ad interessarsi personalmente delle problematiche che potessero insorgere nei singoli casi.

Giovanni è stato un punto di riferimento per generazioni di studenti, alcuni dei quali sono poi diventati suoi colleghi. Personalmente, possiamo dire che il suo insegnamento è stato decisivo in ciascuno di noi, per indirizzare il nostro modo di vedere la scienza in generale e l'ingegneria dell'informazione in particolare. Giovanni aveva infatti rare qualità umane, che lo portavano a svolgere il suo lavoro con generosità e con una passione che contagiava fin da subito chi aveva la fortuna di interagire con lui. Vedere il successo degli altri appariva come una delle sue ambizioni principali, che lo ha accompagnato per sempre, e che crediamo sia stata ben appagata. Sono infatti numerosi i suoi ex studenti ed i suoi discendenti accademici che hanno trovato posizioni di rilievo nelle università, negli enti di ricerca e nelle realtà industriali. Ne è stata testimonianza l'ampia partecipazione ad una giornata in suo ricordo che abbiamo organizzato il 18 dicembre 2025 a Santa Marta.

## Il ‘Progetto Arno’

Angelo Freni, Dino Giuli<sup>1</sup>

Il 4 novembre del 1966 le acque dell’Arno invasero Firenze, causando danni enormi al patrimonio artistico, culturale e sociale della città. Allo scopo di evitare il ripetersi di un simile tragico evento, negli anni successivi furono abbassate le platee del Ponte Vecchio e del Ponte S. Trinità ed avviata la costruzione dell’invaso di Bilancino per trattenere le acque della Sieve, uno dei più pericolosi affluenti dell’Arno.

Le sole misure strutturali non sono comunque in grado di contenere completamente il rischio di una inondazione e richiedono in genere lunghi periodi per il loro completamento. Per i bacini idrologici come quello dell’Arno, caratterizzati da tempi di risposta alla precipitazione alquanto brevi, si rende necessario poter disporre anche di sistemi di prevenzione non strutturali, basati sull’impiego di sistemi di monitoraggio e previsione operanti in tempo reale, in grado di porre gli enti addetti alla protezione civile nella condizione di disporre di un tempo adeguato di preavviso per la definizione di condizioni di pre-allarme, allarme ed emergenza, connesse alle situazioni di rischio idrogeologico. In questo contesto nasce nel 1986 il ‘Progetto Arno’ con l’obiettivo primario di permettere lo svolgimento di quelle ricerche e sperimentazioni necessarie a verificare la fattibilità di un sistema di monitoraggio tecnicamente avanzato, in grado di integrare dati idro-meteorologici provenienti da sensori di tipo diverso (radar meteorologico, satellite, pluviometri, idrometri) al fine di migliorare la previsione delle condizioni di rischio alluvionale nel bacino dell’Arno, con il ricorso ad adeguati modelli idrologici.

Per tutta la durata del ‘Progetto Arno’ viene utilizzato il radar meteorologico fornito dall’Istituto di Fisica dell’Atmosfera (accorpato nel 2002 nell’Istituto di Scienze dell’Atmosfera e del Clima) del CNR, che partecipa direttamente alle relative attivi-

<sup>1</sup> Da A. Corvi et al. (a cura di). 2013. *Ingegneri & Ingegneria a Firenze, A quarant’anni dall’istituzione della Facoltà di Ingegneria*. Firenze: Firenze University Press.

tà di ricerca e di sperimentazione. La realizzazione, a cura dell'Università di Firenze, della stazione radar meteorologica in località Montagnana, comune di Montespertoli (Firenze), con il fondamentale contributo dell'allora Istituto di Fisica dell'Atmosfera del CNR e con la collaborazione della SMA-Segnalamento Marittimo e Aereo, consente di dare un rilevante impulso alle attività di natura sperimentale previste nel 'Progetto Arno'.

La strategica importanza del sistema radar risiede nel fatto che dai dati da esso forniti è possibile ricavare non solo stime quantitative della precipitazione, con elevata risoluzione sia spaziale che temporale, ma anche informazioni sulla dinamica di evoluzione dei sistemi di precipitazione. L'insieme di queste informazioni forma la base delle conoscenze necessarie per l'applicazione dei modelli idrometeorologici distribuiti. L'uso di tali modelli si basa sulla rappresentazione della superficie del bacino tramite una griglia di celle, per ciascuna delle quali sono assegnate le caratteristiche fisiche che controllano lo scambio idrico. In particolare, tali modelli, opportunamente calibrati, sono in grado di riprodurre la dinamica dell'umidità del suolo, consentendo di superare le incertezze sull'assorbimento superficiale che limitano l'efficacia dei normali modelli idrologici nelle applicazioni in tempo reale. L'impiego pratico dei modelli distribuiti necessita della predisposizione di una notevole quantità di dati, sia idroclimatici che geo-lito-pedologici ed idro-morfologici; a tal fine sono stati messi a punto strumenti di lavoro che consentono l'elaborazione, l'archiviazione e la validazione di tutti gli strati di informazione richiesti. I sottobacini della Sieve e del Bisenzio vengono inizialmente considerati come aree campione per la sperimentazione di questo tipo di modelli, con particolare riferimento alla possibilità di valutare le risoluzioni spaziale e temporale più idonee, affinché le misure radar siano impiegate in modo adeguato nella previsione degli eventi di piena.



Figura 44 – Un'immagine dell'alluvione di Firenze del 4 novembre 1966.



Figura 45 – La stazione radar meteorologica di Montagnana (Montespertoli, Firenze). Il sito di Montagnana è stato scelto tenendo conto della complessa orografia del territorio cercando di garantire la corretta visibilità delle precipitazioni in prossimità del suolo, minimizzando al tempo stesso gli echi non desiderati per riflessione dai rilievi.

# Il ruolo dell'Ingegneria Elettrica per la transizione energetica sostenibile

Francesco Grasso

Il XXI secolo è ormai riconosciuto come 'il secolo dell'elettricità'. Dalla Seconda Rivoluzione Industriale in poi, l'energia elettrica e le sue applicazioni sono sempre più presenti in tutte le realizzazioni che hanno accompagnato lo sviluppo della società umana. Inoltre, grazie alle crescenti possibilità offerte dalle energie rinnovabili, sarà un vettore energetico sempre più pulito ed efficiente, come dimostrato dal mix energetico per la produzione di energia elettrica dal 1985 al 2023 nel mondo e in Europa, riportate in Figura 46.

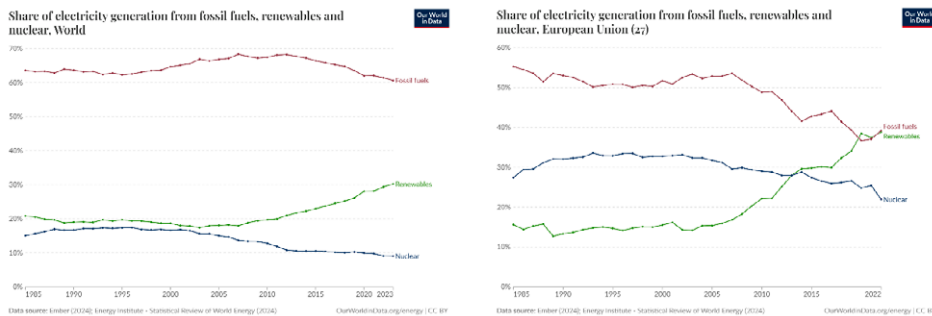


Figura 46 – Ripartizione della generazione di energia elettrica tra fonti fossili ●, energia nucleare ● e energie rinnovabili ● (sinistra) mondo (destra) Europa (27)<sup>1</sup>.

Comunemente si è portati a considerare l'Ingegneria Elettrica come l'ambito che si occupa essenzialmente delle applicazioni pratiche dei fenomeni elettrici in presenza

<sup>1</sup> <https://ourworldindata.org/electricity-mix>

di correnti forti e di bassa frequenza, mentre per le correnti deboli e di alta frequenza, negli anni, si sono sviluppate altre discipline ricadenti nell'ambito dell'Ingegneria dell'Informazione tra cui: l'Elettronica, le Telecomunicazioni, la Radiotecnica, l'Automazione e l'Elaborazione delle informazioni.

Tuttavia, i recenti sviluppi delle applicazioni legati all'elettricità e alle energie rinnovabili hanno portato la ricerca negli ambiti dell'Ingegneria Elettrica a doversi confrontare con problemi spesso a cavallo tra le due definizioni, arrivando a coniare il termine *Enertronics* per indicare come la produzione, la trasformazione, la trasmissione e l'utilizzazione dell'energia elettrica sia sempre più permeata dall'ingegneria dell'informazione.

Su queste tematiche è presente, presso l'Università di Firenze, un gruppo di ricercatori di Elettrotecnica che oggi afferisce al Laboratorio di Ingegneria dell'Energia Elettrica (o Electrical Energy Engineering Laboratory – 3ELab).

Fin dalla sua costituzione ad opera del Prof. Antonino Liberatore, di fatto coincidente con la nascita della Facoltà di Ingegneria, il gruppo ha seguito l'evoluzione degli ambiti di ricerca dell'Ingegneria Elettrica, grazie al lavoro svolto dai Proff. Stefano Manetti, Giancarlo Martarelli, Maria Cristina Piccirilli, Alberto Reatti, Antonio Luchetta, Gabriele Maria Lozito, Fabio Corti e dal sottoscritto, con la preziosa collaborazione degli ingg. Alberto Giorgi, Pietro Antonio Scarpino, Gianluigi Fioriti, Maurizio Monticelli e Libero Paolucci.

Inizialmente, il gruppo ha contribuito allo sviluppo dell'analisi simbolica per la progettazione automatica e l'analisi di filtri e circuiti analogici. La principale peculiarità di questa modalità di analisi consiste nella possibilità di poter prendere in considerazione tutti i parametri che contribuiscono al funzionamento di un circuito elettrico, superando i limiti dei simulatori numerici più diffusi nei quali l'associazione con i parametri viene persa fin dal primo passo di simulazione. L'attività svolta ha portato alla creazione del programma SAPWIN<sup>2</sup> che è in grado di analizzare i circuiti analogici tramite simulazioni basate su tecniche simboliche e della conferenza internazionale specialistica SMACD<sup>3</sup> sui metodi di sintesi, modellazione, analisi e simulazione e applicazioni alla progettazione di circuiti, arrivata alla sua 21<sup>a</sup> edizione.

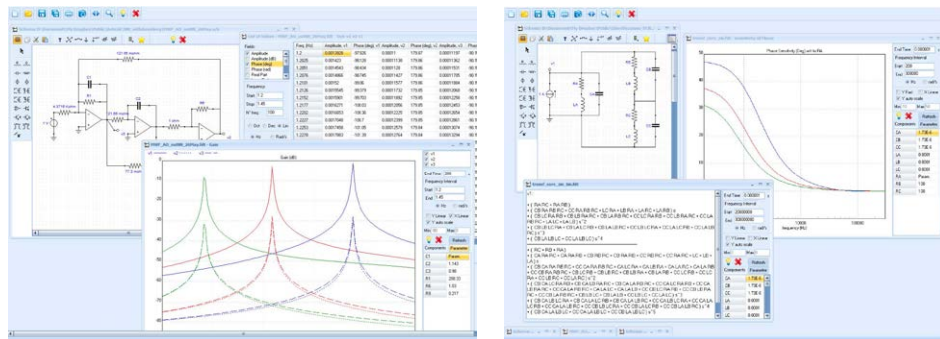


Figura 47 – Alcune schermate di esempio del programma SAPWIN ([www.sapwin.info](http://www.sapwin.info)).

Le potenzialità dell'analisi simbolica nei circuiti elettrici ed elettronici ha portato a sviluppare anche tecniche di diagnosi di guasto e design centering, anche con l'utilizzo delle reti neurali. Grazie a queste tecniche, potenziate oggi con l'uso di intelligenza

<sup>2</sup> [www.sapwin.info](http://www.sapwin.info)

<sup>3</sup> <https://smacd-conference.org/>

artificiale e machine learning, è stato possibile sviluppare metodi per la diagnosi predittiva di sistemi e componenti elettrici ed elettronici. In particolare, in collaborazione con e-distribuzione, è stato possibile sviluppare dei metodi non invasivi per la diagnosi di guasto nelle reti elettriche di distribuzione.

Nel corso delle ricerche con l'utilizzo delle reti neurali, è stato possibile avviare una proficua collaborazione con il Prof. Igor Aizemberg, inventore delle reti neurali a valori complessi<sup>4</sup>, che risultano estremamente utili nei problemi di identificazione e classificazione.

Un ulteriore ambito di ricerca, che è stato sviluppato grazie alla collaborazione con l'azienda Magnetek e il Prof. Marian Kazimierczuk della Wright State University, è stato quello dell'analisi, dimensionamento e progettazione di convertitori elettronici di potenza. Sempre grazie alle tecniche di analisi simbolica sviluppate dal gruppo, è stato possibile approfondire gli effetti degli elementi parassiti all'interno dei componenti che costituiscono gli alimentatori di potenza. In questo senso, è stato possibile individuare nei convertitori di potenza risonanti i dispositivi ideali per poter sviluppare sistemi di ricarica wireless per veicoli elettrici.

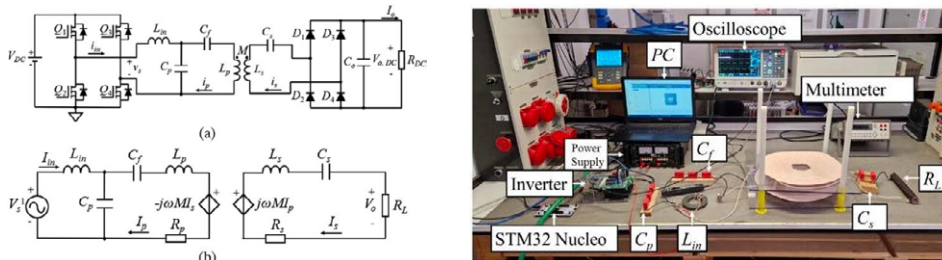


Figura 48 – Schema circuitale e setup sperimentale di un convertitore risonante LCC-S compensato.

In parallelo è stato possibile sviluppare nuovi metodi per l'analisi della qualità dell'energia elettrica (power quality) nelle reti di distribuzione. Partendo dai lavori del Prof. Alexander Eigeles Emanuel, sono stati implementati dei sistemi per la misura e l'analisi delle reti elettriche ed è stato possibile realizzare due brevetti internazionali (EP3549227B1 e EP4085262B1) per dispositivi in grado di analizzare, monitorare, controllare e migliorare la qualità dell'energia elettrica. Inoltre, è stato possibile attivare, nel 2015, il laboratorio congiunto Smart Energy Lab ([www.smartenergylab.eu](http://www.smartenergylab.eu)) per la ricerca di soluzioni tecnologiche per la power quality nei sistemi elettrici e lo spin-off/start-up innovativa Poweremp ([www.poweremp.it](http://www.poweremp.it)) per il trasferimento tecnologico degli sviluppi pratici.

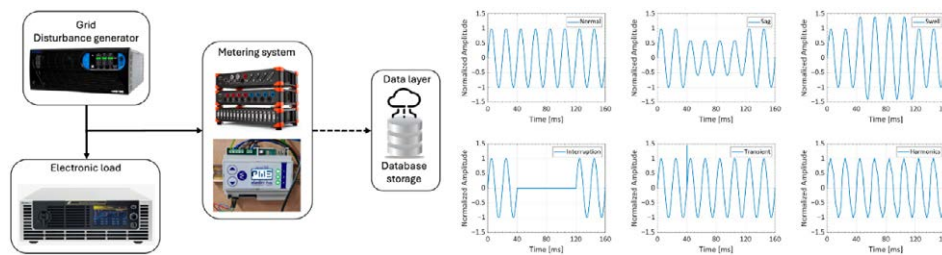


Figura 49 – Setup sperimentale e tipologie di disturbi per l'analisi di power quality.

<sup>4</sup> <https://www.igoraizemberg.com/complex-valued-neural-networks-with-multi-valued-neurons>

Sempre nell'ambito dell'ingegneria elettrica per la transizione energetica, sono stati sviluppati algoritmi MPPT (Maximum Power Point Tracking), basati su microcontrollori tramite reti neurali FCC e MLP, in grado di massimizzare la produzione degli impianti fotovoltaici.

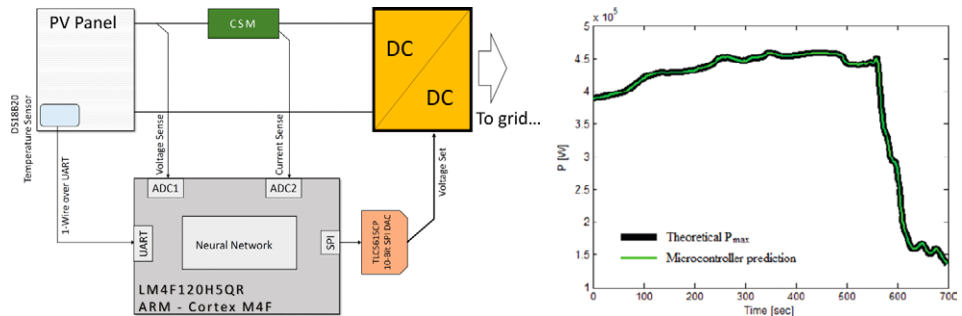


Figura 50 – Schema a blocchi e modalità di controllo di un dispositivo per MPPT.

Inoltre, grazie alle competenze acquisite negli anni e al contributo innovativo e brillante di giovani collaboratori che hanno deciso di impegnarsi nello sviluppo dell'ingegneria elettrica presso l'Università di Firenze, come gli ingegneri Marco Bindi, Matteo Intravaia e Lorenzo Becchi, è stato possibile affrontare anche tematiche riguardanti i sistemi elettrici per l'energia e legate all'esigenza di azzerare le emissioni di gas serra (GreenHouse Gas Emissions o GHG) entro il 2050.

In particolare, le attività di ricerca hanno riguardato metodi, strumenti, tecniche e dispositivi per il miglioramento dell'utilizzo dell'energia prodotta dalle fonti rinnovabili nelle configurazioni di utenti per l'autoconsumo condiviso, note anche come Comunità Energetiche Rinnovabili (CER). Le CER sono una delle modalità operative delle smart grid, in cui è necessario massimizzare il consumo di energia elettrica prodotta dalle fonti energetiche rinnovabili collocate nel perimetro geografico identificato da una cabina primaria<sup>5</sup>.

Tra le attività di ricerca sviluppate, grazie anche ai contributi finanziari ricevuti dalla Regione Toscana, troviamo i metodi e i sistemi per la pianificazione ottimale dei BESS (Battery Energy Storage Systems ovvero sistemi di accumulo di energia elettrica a batterie) nelle comunità di energia rinnovabile basati su tecniche di intelligenza artificiale, per la diagnosi dello stato di salute delle batterie, per l'analisi della power quality nelle reti elettriche di distribuzione con tecniche di machine learning.

Infine, per avere uno strumento affidabile per valutare correttamente le novità legislative, normative e di incentivazione legate alla transizione energetica, è stato avviato lo sviluppo di un chatbot AI<sup>6</sup> in grado di acquisire e analizzare la principale documentazione ufficiale e, utilizzando tecniche di machine learning e l'elaborazione del linguaggio naturale (NLP, Natural Language Processing), comprendere le richieste inviate su argomenti legati alle CER, generando risposte simili a quelle umane.

Il Laboratorio di Ingegneria dell'Energia Elettrica è impegnato in numerose collaborazioni nazionali e internazionali e partecipa al National Centre for HPC, Big Data and Quantum Computing, al Centro Nazionale per la Mobilità Sostenibile – CNMS

<sup>5</sup> <https://www.gse.it/servizi-per-te/autoconsumo/mappa-interattiva-delle-cabine-primarie>

<sup>6</sup> [https://t.me/Tartarr\\_bot](https://t.me/Tartarr_bot)

e ai partneri estesi REsearch and innovation on future Telecommunications systems and networks, to make Italy more smart.

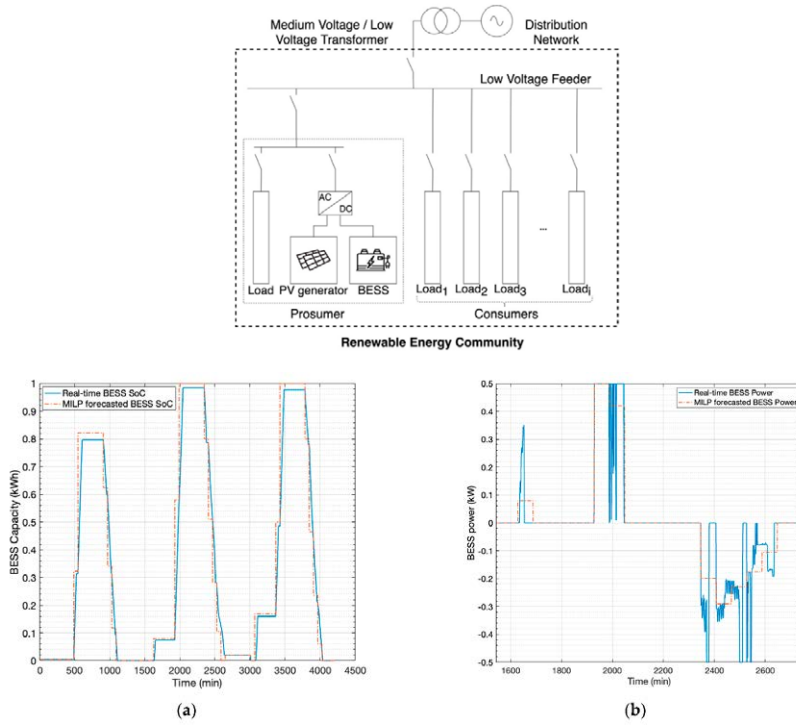


Figura 51 – Schema a blocchi e modalità di gestione di un BESS.

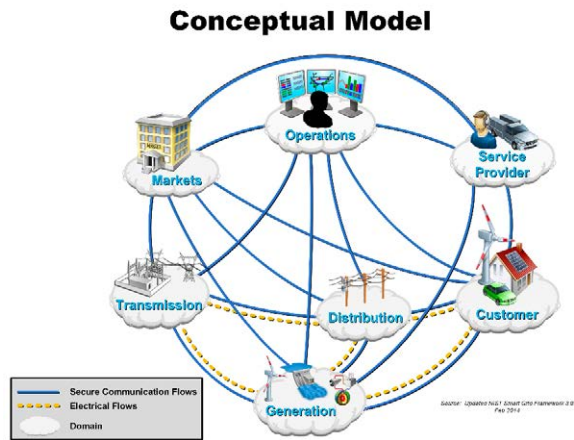


Figura 52 – Modello concettuale della struttura di una smart grid.



# L'Ingegneria dell'Informazione e l'Ordine degli Ingegneri: una comune storia (quasi) centenaria

Francesco Leoncino, Antonio Luchetta

A prima vista non si direbbe, ma la storia dell'Ingegneria a Firenze e quella dell'Ordine degli Ingegneri cominciano quasi insieme e quasi cento anni fa. Il 'quasi' è necessario, perché se è vero che i corsi completi di Ingegneria, inclusa l'Elettronica capostipite del settore Informazione, verranno istituiti solo nell'A.A. 1970-71, è altresì vero che il biennio propedeutico di Ingegneria si inaugura nell'A.A. 1924-25, in coincidenza l'avvio dei corsi nella neonata Università di Firenze, formalizzata con il Regio Decreto n. 1954 del 27 novembre 1924, e annovera fra i suoi docenti nientemeno che un giovanissimo Enrico Fermi, che è titolare della cattedra di Meccanica Razionale. Non si può negare che Enrico Fermi sia un pioniere dell'Ingegneria dell'Informazione, e a conferma di ciò l'Università di Firenze riceve dall'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), nel dicembre del 2015, la prestigiosa IEEE Milestone in Electrical Engineering and Computing per il suo contributo fondamentale all'elettronica dei semiconduttori, sviluppato proprio durante il periodo fiorentino. La targa viene collocata nel salone principale della Scuola di Ingegneria (Manes, Pelosi 2015).

In quei giorni di cento anni fa l'Ordine degli Ingegneri è anch'esso neonato, istituito con Legge del Regno nel giugno del 1923. Ma occorre sottolineare un altro aspetto che accomuna le due istituzioni, in realtà entrambe esistevano già! L'Università di Firenze non era forse nata con lo Studium Generale istituito con decreto della *Repubblica Fiorentina* del 1320 e poi con l'*Istituto di studi superiori pratici e di perfezionamento* fondato da Bettino Ricasoli nel 1859 aveva introdotto i corsi relativi alle scienze naturali e fisiche che sarebbero diventate scienze applicate, per portare al biennio prima e poi ai corsi di Ingegneria. Anche la storia dell'Ordine era cominciata nel 1876, con la paternità dell'allora sindaco di Firenze, Ing. Ubaldo Peruzzi, che insieme ad altri ingegneri e architetti che ricoprivano ruoli di rilievo nell'amministrazione territoria-

Francesco Leoncino, University of Florence, Italy francesco.leoncino@unifi.it  
Antonio Luchetta, University of Florence, Italy, antonio.luchetta@unifi.it, 0000-0003-4319-1495

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Francesco Leoncino, Antonio Luchetta, *L'Ingegneria dell'Informazione e l'Ordine degli Ingegneri: una comune storia (quasi) centenaria*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.26, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 101-104, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

le, fonda il Collegio degli Architetti e Ingegneri in Firenze, poi divenuto il Collegio degli Ingegneri della Toscana, che ancora opera in ambito culturale, scientifico, divulgativo, mentre la componente di formazione, normativa e legislativa si è spostata nell'Ordine (Angotti et. al. 2021, Ordine degli ingegneri (sito web)).

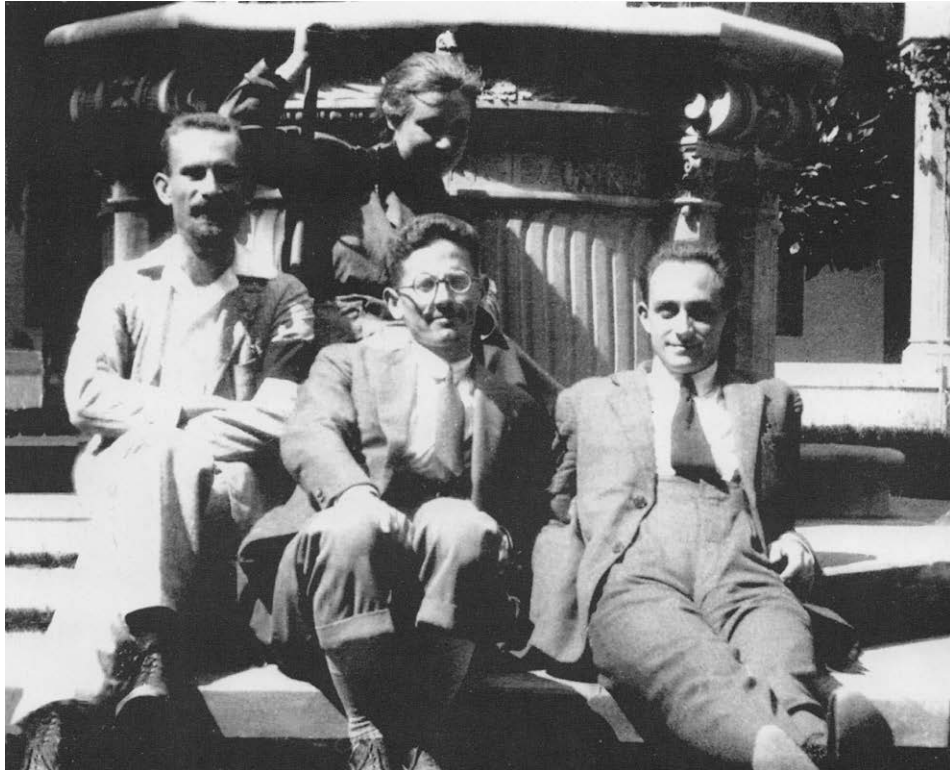


Figura 53 – Da sinistra, Franco Rasetti, Rita Brunetti, Nello Carrara, Enrico Fermi davanti al pozzo nel cortile dell'Istituto di Fisica di Arcetri a Firenze.

Da quei giorni di un secolo fa in poi le attività dell'Ordine e della Facoltà e poi Scuola di Ingegneria cominciano a correre parallele sulle strade di Firenze, intersecandosi in una serie di appuntamenti in cui si trovano compartecipi. Quello più ricorrente, scandito da tempi e regole 'nazionali', è quello per l'organizzazione degli Esami di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere. L'Esame di Stato per esercitare la professione è richiesto fin dal 1924, ma naturalmente l'Università di Firenze comincia ad organizzarlo solo a partire dal 1975, quando a Firenze entra a regime l'intero ciclo di studi di laurea ad Ingegneria. Nel presente, dopo l'ultima riforma degli Albi Professionali del 2001, gli esami di stato consentono l'iscrizione a una delle due sezioni: A, per i laureati con laurea specialistica o magistrale, e B, chiamata anche sezione 'junior', per i laureati con Laurea Triennale (semplicemente denominata 'laurea'). Ognuna delle due sezioni prevede la suddivisione in tre Settori:

a) Ingegneria Civile e Ambientale: si occupa della pianificazione, la progettazione, lo sviluppo, la direzione lavori, la stima, il collaudo, la gestione, la valutazione di impatto ambientale di opere edili e strutture, infrastrutture territoriali e di trasporto, di opere per la difesa del suolo e per il disinquinamento e la depurazione, di opere geotecniche, di sistemi e impianti civili e per l'ambiente e il territorio;

b) Ingegneria Industriale: si occupa della pianificazione, la progettazione, lo sviluppo, la direzione lavori, la stima, il collaudo, la gestione, la valutazione di impatto ambientale di macchine, impianti industriali, di impianti per la produzione, la trasformazione e la distribuzione dell'energia, di sistemi e processi industriali e tecnologici, di apparati e di strumentazioni per la diagnostica e per la terapia medico-chirurgica;

c) Ingegneria dell'Informazione: si occupa della pianificazione, la progettazione, lo sviluppo, la direzione lavori, la stima, il collaudo e la gestione di impianti e sistemi elettronici, di automazione e di generazione, trasmissione ed elaborazione delle informazioni. Ad oggi, il numero di iscritti agli Albi professionali dell'Ordine degli Ingegneri di Firenze, secondo la suddivisione descritta, è riportato nella tabella seguente.

Settore	A	B
Civile e ambientale	3405	222
Industriale	2709	63
Informazione	2449	25

Questo impianto comporta un impegno notevole da parte di tutti i Dipartimenti della Scuola di Ingegneria, che ogni anno deve assicurare la composizione di una commissione ministeriale formata da cinque membri, di cui due, il presidente e il membro interno, siano docenti strutturati dell'Ateneo e tre che provengono dall'Ordine. La commissione ministeriale deve pianificare due prove scritte, una prova orale ed una prova pratica per ogni candidato, replicata in due sessioni all'anno, una estiva (da giugno a settembre) e una invernale (da novembre a febbraio) ed è affiancata, per ovvi motivi, da un certo numero di 'membri esperti', scelti ancora fra i docenti e i ricercatori della Scuola, che provvedono alla preparazione delle prove scritte e allo svolgimento di quelle orali.

Se l'organizzazione e gestione degli esami di stato è la più onerosa tra le attività congiunte, non è certo l'unica. Nel corso degli anni numerosi sono stati i convegni, i seminari, i corsi, nati e svolti in collaborazione fra le due istituzioni, molti dei quali riconoscono crediti formativi agli ingegneri che esercitano la libera professione.

Un altro importante legame tra Ordine e Scuola di Ingegneria è costituito, da alcuni anni, dal Premio di Laurea dell'Ordine, in memoria dell'Ing. Andrea Chiarugi e dell'Ing. Piero Ciullini, che ogni anno eroga tre premi (attualmente del valore di 2000 € ciascuno) per le migliori lauree magistrali nei tre settori Informazione, Industriale, Civile e tre borse di studio (1000 € l'una) per le corrispondenti lauree triennali e rappresenta un momento di incontro molto sentito fra le due istituzioni.

In questo breve excursus, per concludere, non possiamo non ricordare che lo scambio culturale e professionale fra i Dipartimenti della Scuola di Ingegneria e l'Ordine si è spesso consolidato grazie ai consiglieri e ai presidenti dell'Ordine che si sono susseguiti negli anni, provenendo dalle fila dei docenti. Anche il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, quando ancora era suddiviso in due componenti, il Dipartimento di Sistemi e Informatica (DSI) e quello di Elettronica e Telecomunicazioni (DET), è stato rappresentato nella figura del presidente dal 2002 al 2006, dal Prof. Giancarlo Martarelli, professore associato di Impianti Elettrici al DET, amato dai colleghi dell'università per l'affabilità, dagli studenti per la disponibilità e la passione per l'insegnamento, stimato da tutti per la competenza e la grande professionalità. Ci ha lasciati in modo inaspettato nel 2014 e ne approfittiamo per ricordarlo, noi che eravamo stati anche suoi allievi prima che colleghi, con grande affetto.



Figura 54 – Il Prof. Giancarlo Martarelli, al centro nelle foto, in due momenti all'Ordine degli Ingegneri di Firenze, di cui è stato presidente della sezione fiorentina dal 2002 al 2006. Nella foto a sinistra è insieme al Prof. Franco Angotti, suo predecessore alla presidenza.

#### Riferimenti bibliografici

Angotti, F., G. Frosali, G. Pelosi e M. Pierini. 2021. *Ingegneri & Ingegneria a Firenze*. Firenze University Press.

Manes, G. e G. Pelosi, ed. 2015. *Enrico Fermi's IEEE Milestone in Florence*. Firenze University Press.

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze. s.d. <https://www.ordineingegneri.fi.it/>

# La bioingegneria per l'ospedale pediatrico Meyer di Firenze: analisi del vagito neonatale

*Claudia Manfredi, Gianpaolo Donzelli, Piero Bruscaaglioni*

La Bioingegneria è il settore dell'ingegneria applicata al campo delle scienze della vita. La Bioingegneria fiorentina conta numerose collaborazioni con aziende e strutture cliniche anche dell'area fiorentina, fra cui l'ospedale pediatrico A. Meyer, eccellenza a livello nazionale e internazionale. La casistica più complessa e delicata è senza dubbio quella dei neonati, in particolare prematuri, per i quali è rilevante individuare precocemente possibili patologie e malformazioni dell'apparato neurologico e fonatorio. A questo scopo, presso il Laboratorio di Bioingegneria e in collaborazione con il Dipartimento di Fisica sono state sviluppate tecniche di analisi del vagito neonatale, in quanto direttamente connesso all'attivazione del sistema nervoso centrale. L'analisi del vagito costituisce infatti uno strumento di indagine totalmente non invasivo che non causa dolore o fastidio al neonato e non interferisce con il suo comportamento spontaneo. Nel corso degli anni è stato sviluppato un software open source denominato BioVoice, che consente l'estrazione di numerosi parametri acustici: frequenza di vibrazione delle corde vocali (F0) e suo andamento melodico, risonanze del tratto vocale (F1-F3) e numerosi parametri statistici correlati.

In base a tali parametri e a un idoneo protocollo di registrazione, sono stati confrontati neonati pretermine e a termine ottenendo un'elevata differenziazione delle due classi: F0 e F1-F3 presentano valori inferiori e andamenti melodici più irregolari nei pretermine. Uno studio successivo ha consentito di evidenziare un maggior decremento dell'ossigenazione centrale dovuto al vagito nei neonati pretermine rispetto a quelli a termine.

Inoltre BioVoice è stato applicato con successo a neonati a rischio di autismo, cioè fratelli/sorelle di bambini diagnosticati tali (Progetto GR 2008, *Non Invasive Tools for Early Detection of Autism Spectrum Disorders*, Ministero della Salute) e a bambini in fase diagnostica e di terapia riabilitativa (Progetto DI-ASD: *Sistema per il supporto alla*

Claudia Manfredi, University of Florence, Italy, [claudia.manfredi@unifi.it](mailto:claudia.manfredi@unifi.it), 0000-0001-6364-9753  
Gianpaolo Donzelli, University of Florence, Italy, [gianpaolo.donzelli@unifi.it](mailto:gianpaolo.donzelli@unifi.it), 0000-0002-7548-2775  
Piero Buscaaglioni, University of Florence, Italy, [piero.buscaaglioni@unifi.it](mailto:piero.buscaaglioni@unifi.it)

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)  
FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Claudia Manfredi, Gianpaolo Donzelli, Piero Bruscaaglioni, *La bioingegneria per l'ospedale pediatrico Meyer di Firenze: analisi del vagito neonatale*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.27, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 105-106, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

*pratica clinica per la valutazione e il monitoraggio dei disturbi dello spettro autistico in fase diagnostica*, Regione Toscana POR-FESR 2014-20), ottenendo in tutti i casi un'elevata differenziazione in base alle caratteristiche acustiche. Successivamente lo studio ha riguardato le caratteristiche distintive fra il vagito di neonati di madrelingua italiana, francese e araba, portando a una differenziazione fra i gruppi superiore al 95%, a conferma del fatto che il feto percepisce e acquisisce la lingua madre prima della nascita (Progetto MX14MO06 Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale; Ospedale La Citadelle, Unità di Neonatologia, Liegi (B)). Più recentemente le applicazioni hanno riguardato la possibile definizione di un fonotipo linguistico caratteristico di alcune sindromi genetiche, di utilità diagnostica e terapeutica (Ospedale Bambin Gesù, Roma).

Lo studio del vagito è stato il primo passo verso un ampliamento dello studio della voce e dello sviluppo di BioVoice che oggi include la voce dell'adulto e dell'anziano (disfonie e patologie neurologiche) e del canto (vibrato) e l'avvio di una serie di Workshop internazionali a cadenza biennale, giunta alla dodicesima edizione, denominati MAVEBA (Models and Analysis of Vocal Emissions for Biomedical Applications) e tenuti a Firenze, con la partecipazione di esperti del settore dal punto di vista bioingegneristico, clinico e artistico. Questa attività scientifica è stata più volte finanziata dall'Ente (oggi Fondazione) Cassa di Risparmio di Firenze, portando all'istituzione del Laboratorio Interdisciplinare di Acustica Biomedica (LIAB) tuttora presente all'interno del Laboratorio di Bioingegneria.

Le ricerche sono state svolte in collaborazione con cliniche e centri di ricerca nazionali (Firenze: Dipartimento di Fisica, AOU Careggi, Ospedale Pediatrico A. Meyer, Ospedale Torregalli, Ospedale Nuovo S. Giovanni di Dio, IRCCS Don Gnocchi, Casa di Cura Villa delle Terme, Scuola di Musica di Fiesole, Conservatorio L. Cherubini; Empoli: Centro Diurno Casa di Ventignano USL11; Pisa: Ospedale Stella Maris; Roma: Istituto Superiore di Sanità e Università Cattolica del Sacro Cuore; Milano: Ospedale Maggiore Policlinico) e internazionali (Bruxelles: Université Libre, Institute of Occupational Diseases; Liegi: Ospedale Pediatrico La Citadelle; Puebla, Messico: INAOE).

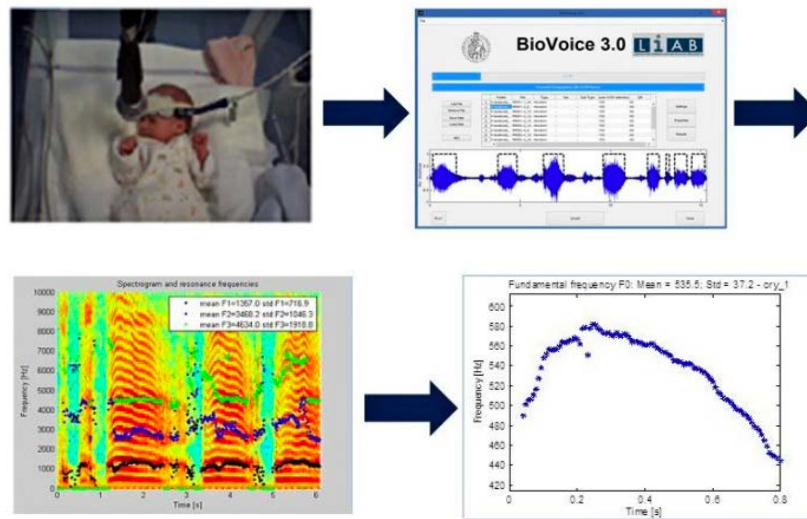


Figura 55 – Esempio di analisi del pianto neonatale, sua acquisizione e analisi in tempo e in frequenza.

# L'evoluzione delle reti di comunicazione di emergenza verso il 5G e beyond

*Dania Marabissi, Romano Fantacci*

Il Laboratorio Data Communications and Networks System (DaCoNetS) del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Firenze, ha negli anni attivato diverse collaborazioni con il territorio, ed in particolare con importanti realtà industriali svolgendo attività di trasferimento tecnologico e di collegamento tra il mondo della ricerca e quello delle imprese locali e nazionali. In quest'ottica di particolare rilevanza è il Consorzio per le Tecnologie dell'Informazione e delle Comunicazioni (TICom) nato nel 2010 tra l'Università di Firenze e Leonardo S.p.A. con lo scopo di favorire, sviluppare e rendere continuativa la collaborazione tra università ed impresa nelle attività di ricerca scientifica e tecnologica nell'ambito delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione e di supporto all'attività formativa con possibilità di svolgere tirocini, tesi e il finanziamento di borse di studio e dottorati. In particolare il Consorzio TICom nasce come naturale evoluzione della stretta collaborazione in essere da tempo tra le parti e precedentemente concretizzatasi con la nascita del Laboratorio di Comunicazioni Avanzate presso la sede della Selex Communications (oggi Leonardo S.p.A.) in Firenze, interamente finanziato dalla Regione Toscana (Nuovo Patto per lo Sviluppo – Area progettuale N°6 «Riorganizzazione dei distretti industriali e dei sistemi produttivi locali»), con la finalità di incentivare e facilitare il trasferimento tecnologico dal settore della ricerca accademica a quello della grande impresa.

Uno dei principali ambiti di ricerca e sviluppo in cui è coinvolto il Consorzio è quello delle comunicazioni wireless professionali, da sempre uno dei core business della parte comunicazioni di Leonardo S.p.A.. In questo ambito, l'evoluzione delle comunicazioni wireless verso soluzioni broadband di nuova generazione sta diventando sempre più indispensabile in molti ambiti di applicazione professionale come quello avionico, dei trasporti e di pubblica sicurezza. In particolare, la possibilità per operatori di pubblica sicurezza e protezione (Public Safety and Security – PSS) di comunicare tra loro

Dania Marabissi, University of Florence, Italy, [daniamarabissi@unifi.it](mailto:daniamarabissi@unifi.it), 0000-0002-7075-3556  
Romano Fantacci, University of Florence, Italy, [romano.fantacci@unifi.it](mailto:romano.fantacci@unifi.it), 0000-0001-5934-3321

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Dania Marabissi, Romano Fantacci, *L'evoluzione delle reti di comunicazione di emergenza verso il 5G e beyond*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.28, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 107-110, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

e condividere informazioni critiche utilizzando un'ampia gamma di servizi incentrati sui dati è di fondamentale importanza per migliorare le operazioni di PSS, consentendo un migliore coordinamento, una maggiore consapevolezza della situazione, tempi di risposta inferiori e una maggiore efficienza durante l'emergenza. Le attuali reti di comunicazione PSS, come il terrestrial trunked radio (TETRA), TETRA for police (TETRAPOL), or Association of Public-Safety Communications Officials-Project 25 (APCO P25), sono state progettate per fornire un ricco set di servizi orientati alla voce garantendo sicurezza e funzionalità specifiche, ma senza il supporto di servizi avanzati ad alta velocità. Di conseguenza, la transizione delle attuali tecnologie di comunicazione a banda stretta verso sistemi a banda larga basati sugli attuali e futuri standard di comunicazione per sistemi cellulari commerciali viene considerata oramai una necessità da organizzazioni di pubblica sicurezza e governi. Il futuro delle comunicazioni professionali è nelle reti di nuova generazione di tipo Mission Critical che sono state introdotte negli standard di comunicazione cellulare a partire dalla quarta generazione. Infatti, l'uso di una tecnologia comune per le comunicazioni commerciali e PSS consente sinergie e offre nuove opportunità. Inoltre, gli operatori PSS possono sempre beneficiare di un sistema di comunicazione aggiornato evitando così nuovi gap tecnologici. Tuttavia, questa tendenza evolutiva deve tenere conto di alcuni problemi. I costi, i tempi e la disponibilità dello spettro per l'implementazione di una rete dedicata ai servizi di pubblica sicurezza, sono problematiche ancora da risolvere. Inoltre, se da un lato i nuovi standard di comunicazione cellulare offrono grandi potenzialità e capacità di comunicazione, non sono stati progettati per garantire tutti i requisiti essenziali delle comunicazioni PSS. Queste necessitano di infrastrutture resilienti e ampiamente disponibili, in grado di fornire una serie di funzionalità primarie per la connessione di gruppi di persone. In particolare, le reti PSS devono essere in grado di stabilire chiamate vocali individuali e di gruppo rapide e affidabili, utilizzare meccanismi di priorità e di prelazione per la gestione della congestione e delle emergenze. Inoltre, devono consentire il funzionamento in modalità diretta tra i terminali e garantire la sicurezza delle comunicazioni attraverso la crittografia vocale di alto livello. Le soluzioni di condivisione di spettro ed infrastruttura prevedono:

- *Rete e spettro PSS dedicati*: questo è il paradigma attualmente implementato e preferito dagli utenti PSS perché presenta diversi vantaggi in termini di ottimizzazione della rete, gestione e sicurezza. Tuttavia, infrastrutture dedicate implicano lunghi tempi di implementazione e la necessità di ingenti investimenti di sviluppo e mantenimento che rappresentano punti di grande criticità.
- *Servizi PSS su reti commerciali*: fornire servizi PSS su una rete commerciale già implementata è una soluzione economica e rapida, ma ciò renderebbe tutte le funzionalità di rete sensibili non direttamente controllate dagli operatori di rete PSS, con il rischio di non soddisfare vincoli critici. In questo modo, infatti, tutte le funzionalità specifiche dei servizi PSS sarebbero basate su contratti di servizio con l'operatore commerciale, che potrebbero non essere rispettate in situazioni critiche quando solitamente le reti commerciali sono sovraccariche, congestionate e quindi danno origine ad effetti imprevedibili sui servizi a priorità. Inoltre, mentre le reti commerciali sono progettate per fornire grande capacità di comunicazione in ambienti densamente popolati accettando la presenza di aree scoperte, le reti PSS richiedono una copertura completa del territorio che sia altamente resiliente ed affidabile anche in caso di calamità o situazioni critiche, casi in cui di solito le reti commerciali sono spesso gravemente danneggiate perché non sono sufficientemente ridondate. Inoltre, in termini di sicurezza, le reti commerciali possono introdurre maggiori rischi, perché sono aperte a terminali non protetti.

- *Soluzioni ibride*: un adeguato compromesso sembra essere il ricorso a soluzioni ibride, basate su una parziale condivisione dell'infrastruttura e dello spettro, che permette una significativa riduzione dei costi con il soddisfacimento di tutti i requisiti PSS. Inoltre, le soluzioni ibride potrebbero consentire una maggiore flessibilità in termini di utilizzo dello spettro, gestione dei servizi, politiche di accesso radio e copertura del territorio.

In particolare, sono state proposte e studiate soluzioni basate su:

- *due diverse core network* per le due reti, per avere gestioni indipendenti;
- *condivisione parziale della rete di accesso tra reti commerciali e PSS*, con la gestione della parte condivisa mediante approcci di *network slicing* e virtualizzazione delle risorse;
- *una quantità limitata di risorse dedicate esclusivamente alla rete PSS* per fornire almeno i servizi di base (servizi critici). La carenza di spettro dedicato viene risolta utilizzando risorse aggiuntive che possono essere ottenute opportunisticamente dalla rete commerciale al fine di migliorare la gamma e la qualità dei servizi offerti. Ciò ridurrà i costi e garantirà l'affidabilità e la continuità del servizio, in particolare in aree densamente popolate o in situazioni di emergenza in cui si verificano picchi di traffico dati;
- *uso di reti eterogenee* per integrare la copertura cellulare di base con celle di piccole dimensioni dedicate ai servizi PSS, laddove più necessario per fornire capacità extra, o per sopperire ad un guasto, anche senza pianificazione di rete. Tali celle possono operare sia sulle frequenze dedicate che su quelle condivise adottando specifiche politiche di gestione dell'interferenza. In particolare, si prevedono due tipo di small cell;
- *fisse*: posizionate dall'operatore PSS in posizioni strategiche dove il sistema PSS richiede capacità di comunicazione aggiuntiva e un controllo totale dell'accesso alla rete. Per esempio, questo è il caso delle infrastrutture critiche o aree in cui, a causa della bassa densità della popolazione, l'operatore commerciale non è interessato a fornire copertura;
- *dispiegabili ad-hoc*: temporaneamente create per evitare malfunzionamenti e interruzioni in un'area congestionata, dove è previsto un evento occasionale (ad es. evento pubblico) o dove la copertura terrestre diventa non disponibile a causa di disastri naturali o provocati dall'uomo. Tali celle possono essere su veicoli, su ruote o aeree (Unmanned Aerial Vehicle – UAV).

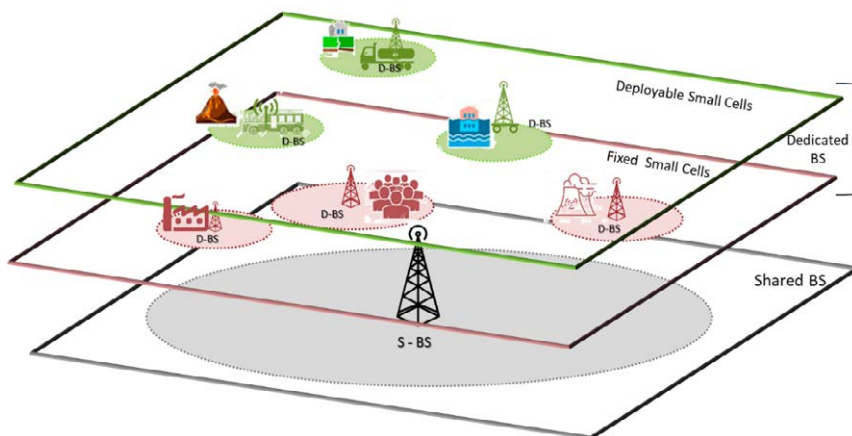


Figura 56 – Scenario ibrido della rete di accesso.

Per quanto riguarda l'intera infrastruttura di rete la soluzione presentata in Figura 57 mostra che le reti commerciali e PSS hanno due distinte core network (EPC), lasciando così all'operatore di PSS la completa gestione della sua rete (come la gestione della mobilità del Mobility Management Entity – MME) e la fornitura di specifici servizi. Le due core network sono connesse ad una rete di accesso condivisa (shared-RAN), che per l'operatore PSS può essere arricchita con celle di più piccole dimensioni dedicate (dedicated-RAN). Di conseguenza, l'operatore PSS sfrutta la RAN a livello nazionale implementata dall'operatore commerciale sulla base di adeguati accordi sul livello di servizio che deve essere garantito, e aumenta la densità dei punti di accesso in alcune aree critiche che aggiungono punti di accesso alla rete riservati agli utenti PSS, dove quindi gli operatori PSS non devono competere con gli utenti commerciali per l'uso delle risorse di comunicazione.

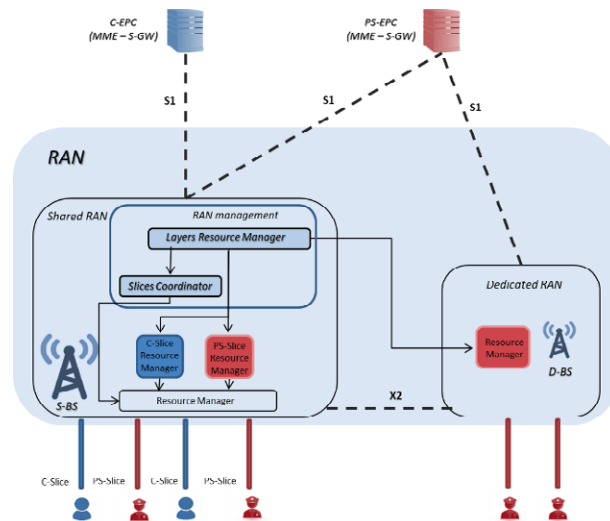


Figura 57 – Infrastruttura di rete.

La gestione della RAN condivisa avviene attraverso un approccio di network slicing che permette di realizzare più reti end-to-end logiche su un'unica infrastruttura fisica. Ogni slice è personalizzata e gestita in modo indipendente per fornire un particolare comportamento del sistema e supportare al meglio specifici servizi. Questo può essere raggiunto mediante la virtualizzazione delle risorse e logiche di partizione, che consentono l'isolamento completo delle risorse fisiche assegnate alle slice. Nello specifico il coordinamento è fatto dal *Layer Resource Manager* (LRM), che alloca risorse virtuali alle due slice (commerciale e PSS), mentre ogni slice adotta proprie politiche di uso delle risorse grazie agli *Slice Resource Manager* (SRM). Le risorse virtuali sono poi mappate in risorse fisiche dal *Resource Manager*.

# Il contributo dell'automatica allo studio dei sistemi ambientali in ambito regionale

Stefano Marsili Libelli<sup>1</sup>

Nei passati decenni la comunità accademica della Scienza dei Sistemi si distingueva per un ampio respiro culturale, tanto che dal suo ambito sono scaturiti valenti studiosi nel campo non solo dell'Automatica, ma anche della Biomedica, allora agli inizi, e della Ricerca Operativa. Un filone culturale che a partire dagli anni '80 suscitò un notevole interesse fu quello dell'Ingegneria Sistemistica Ambientale, prevalentemente per merito del gruppo di ricerca del Politecnico di Milano, guidato dal Prof. Sergio Rinaldi, al quale ebbi la fortuna ed il privilegio di partecipare. L'iniziativa, affatto originale per allora, fu quella di applicare la Teoria dei Sistemi all'ecologia, considerando sia ecosistemi naturali che processi ambientali artificiali. Questa attività – che ebbe importanti connessioni in ambito internazionale con l'IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria) e con l'Institute of Hydrology (Wallingford, UK), che allora aveva l'incarico di predisporre il piano di risanamento del bacino del Tamigi – portò successivamente al formarsi di gruppi di ricerca nelle Università di Padova, Brescia, Como, Firenze, Catania ed alla costituzione del Gruppo di Ricerca di Automazione e Gestione dei Sistemi Ambientali (GRAGSA).

In ambito locale queste attività hanno avuto diverse applicazioni di interesse esterno, oltre a contribuire alla fondazione del corso di laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, nuova laurea intersettoriale, derivata dai vecchi corsi di laurea quinquennali, che andò ad arricchire l'offerta formativa della Facoltà di Ingegneria fin dal 1989.

Gli studi intrapresi in questi anni dal gruppo operante nella Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze hanno prodotto delle utili ricadute locali, sia sul piano tec-

<sup>1</sup> Da A. Corvi et al. (a cura di). 2013. *Ingegneri & Ingegneria a Firenze, A quarant'anni dall'istituzione della Facoltà di Ingegneria*. Firenze: Firenze University Press.

nologico, dando origine a strumentazioni o sistemi di controllo utilizzabili nel settore ambientale, che sul piano conoscitivo di particolari ecosistemi, portando alla realizzazione di *software* per la gestione degli stessi. Queste realizzazioni vengono ora passate brevemente in rassegna.

#### Realizzazione di un respirometro per il servizio depurazione delle acque del Comune di Firenze

Nei processi di depurazione biologica è di fondamentale importanza conoscere l'attività della colonia batterica per valutare il suo potenziale depurativo nei confronti dell'acqua inquinata. Trattandosi di attività biologica, essa viene misurata in modo dinamico attraverso il rateo di consumo di ossigeno da parte della biomassa batterica. Attraverso una collaborazione con l'allora Direzione Produzione Acque e Depurazione del Comune di Firenze venne realizzato un respirometro a due stadi in grado di misurare diversi parametri fondamentali dell'attività batterica, in particolare la biodegradabilità delle acque di scarico, la potenziale rimozione di composti azotati, il metabolismo endogeno della biomassa. Nella realizzazione di questo dispositivo fu fondamentale l'uso dell'approccio sistemistico per definire un modello dinamico della respirazione batterica e per ingegnerizzare il *software*, sviluppato in LabView, che gestiva l'intera operazione dello strumento. Tale dispositivo è attualmente in uso presso Publicacqua e viene correntemente usato per gli scopi sopra descritti.

#### Modello di qualità fluviale del fiume Sieve

Su incarico e con finanziamenti dell'allora Centro Tematico Nazionale Acque Interne dell'Agenzia Regionale di Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT) venne realizzato un modello della qualità dell'acqua del fiume Sieve al fine di valutare l'effetto di alcuni interventi migliorativi lungo il suo corso, quali la collettazione di scarichi distribuiti nella zona Dicomano-Rufina-Pontassieve ed il potenziamento degli impianti di depurazione di Rabatta e di Vicchio. A seguito di diverse campagne mirate di misura *ad hoc* fu prodotto un modello matematico della qualità fluviale, attraverso il quale fu possibile valutare l'effetto di alcuni interventi di risanamento, dal quale si concluse che il collettamento delle varie sorgenti concentrate o diffuse aveva un'efficacia ambientale maggiore ed un costo inferiore rispetto al potenziamento dei depuratori posti a monte del tratto più sensibile.

#### Gestione dell'eutrofizzazione nella laguna di Orbetello

Questo studio fu richiesto dall'allora Commissario per il Risanamento Ambientale nella Laguna di Orbetello, data la situazione critica causata da ripetute crisi anossiche indotte da incontrollate crescite algali. Lo studio dell'ecosistema portò alla definizione di un modello matematico in grado di stimare le potenziali crescite algali e di macrofite (*Ruppia sp.*) ed indicare ai battelli raccogli-alghe i siti più idonei per una raccolta preventiva di una quantità limitata di biomassa, prima che questa crescendo provocasse eutrofizzazione e conseguente crisi anossica. Il modello una volta calibrato e validato, fu realizzato come piattaforma *software* autonoma, denominata LaguSoft, con un'interfaccia utente che lo rendeva utilizzabile da parte dell'ufficio del commissario per pianificare la raccolta delle alghe.



Figura 58 – Vista complessiva del respirometro realizzato in collaborazione con il Comune di Firenze.

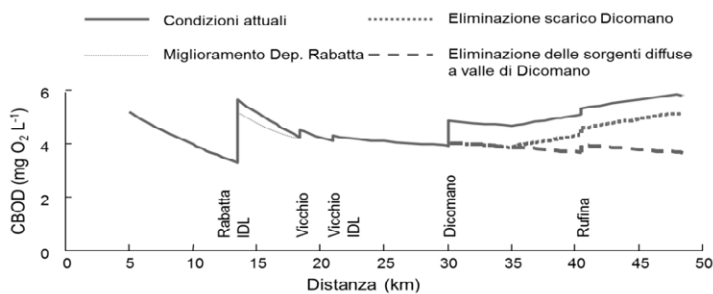


Figura 59 – Generazione di scenari di risanamento sulla base del modello di qualità del fiume Sieve.

Telecontrollo e rilevazione guasti per l'impianto di depurazione biologica di Pagnana (Empoli) gestito da Acque S.p.A.

In una collaborazione con Acque Ingegneria S.r.l. è stato sviluppato un sistema di telecontrollo di un impianto di depurazione biologica situato nei pressi di Empoli. Gli obiettivi posti dall'azienda erano il contenimento dei consumi energetici e l'aumento dell'affidabilità di esercizio. A tale scopo è stato realizzato un sistema di tele-controllo, inserito nella rete intranet aziendale che ha prodotto consistenti risparmi energetici (circa 1 MWh a settimana per ciascuna linea, come mostra il confronto). Il pannello di controllo remoto con la linea non controllata permetteva la supervisione e l'intervento da remoto, attraverso una rete privata dedicata (VPN) inserita nel sistema di comunicazione di Acque S.p.A..

Successivamente, constatata una notevole frequenza di guasti, si è realizzato un sistema di rilevazione dei guasti in grado di diagnosticare prontamente quale fosse il sensore guasto e distinguere fra malfunzionamento del sistema di misura ed anomalia di funzionamento dell'impianto.

Impatto ambientale della derivazione delle acque del fiume Serchio nel lago di Massaciuccoli

Su incarico dell'Autorità di Bacino del fiume Serchio è stata condotta una valutazione idraulico-ambientale dell'immissione nel lago di Massaciuccoli di parte delle acque

derivate dal fiume Serchio. La motivazione di tale opera risiede nel mitigare le ricorrenti e gravi carenze idriche del lago durante i mesi estivi e il relativo effetto di subsidenza dei circostanti terreni di bonifica. Il modello di invaso che è stato sviluppato tiene conto dell'evapotraspirazione del lago e canneti circostanti, nonché della perdita per infiltrazione nella falda sottostante. Lo studio ha riguardato la fattibilità del convogliamento della derivazione nel canale Barra, l'effettiva mitigazione del deficit idrico estivo e l'eventuale aggravamento dell'inquinamento del lago causato dal sollevamento del sedimento, ricco di sostanze nutrienti depositate in decenni di sversamenti incontrollati. Lo studio ha mostrato che la mitigazione delle secche estive è solo parziale in quanto buona parte dell'acqua derivata viene persa per infiltrazione nella falda. Per quanto riguarda poi il possibile inquinamento da risospensione del sedimento, lo studio tende ad escludere questa eventualità.

È stata infine impostata la struttura di un sistema di monitoraggio/telecontrollo per coordinare le derivazioni con il livello del lago, il livello del mare e la situazione delle idrovore di bonifica con i rilasci dalle dighe gestite da ENEL a monte della derivazione tenendo conto del mantenimento del deflusso minimo vitale nel tratto terminale del fiume, a valle della derivazione. Dopo l'approvazione del progetto da parte della Regione Toscana e del Ministero dell'Ambiente si attende la realizzazione dell'opera, che è stata affidata alla Provincia di Pisa.

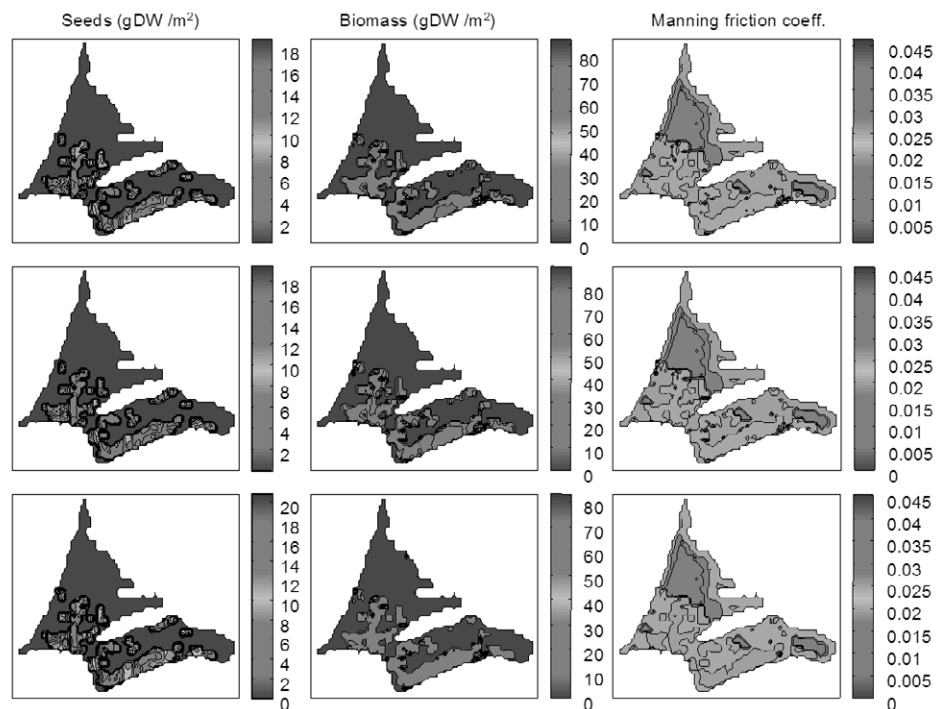


Figura 60 – Evoluzione prevista per la crescita di alghe e di macrofite nella laguna di Orbetello mediante il *software* LaguSoft.



Figura 61 – La piattaforma software LaguSoft: (sinistra) percorso ottimale di un battello raccogli alghe calcolato da LaguSoft in base alle proiezioni di crescita della vegetazione sommersa; (destra) interfaccia utente di LaguSoft.

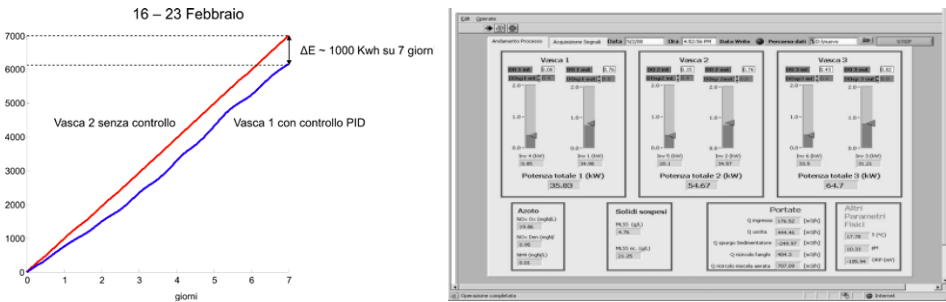


Figura 62 – Sistema di telecontrollo di un impianto di depurazione biologica situato nei pressi di Empoli: (sinistra) paragone fra i consumi di una linea di impianto controllata ed una tradizionale per confronto; (destra) pannello remoto di controllo dell'impianto.

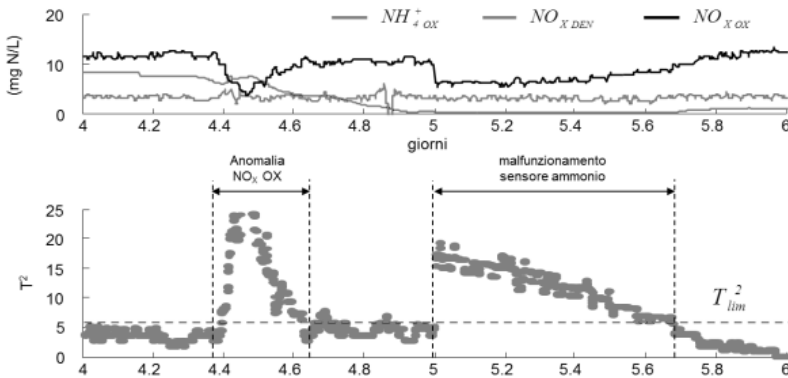


Figura 63 – Sistema di rivelazione dei guasti: discriminazione di un'anomalia di processo (primo segnale di allarme, a sinistra) e di un malfunzionamento del rivelatore di ione ammonio (a destra).

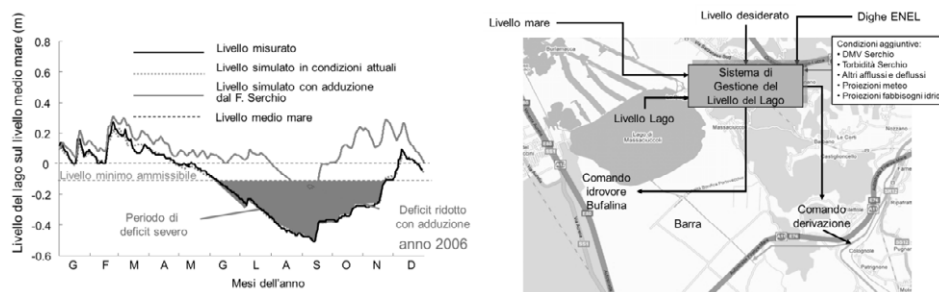


Figure 64 – Sistema di telecontrollo del complesso lago di Massaciuccoli-fiume Serchio: (a sinistra) confronto fra livello del lago osservato e simulato, sia in condizioni attuali che con l'adduzione; (a destra) struttura del sistema di telecontrollo.

# Sensoristica in ambiente estremo: l'interno di una turbina Baker Hughes

*Gabrio Martini, Laurent Ntibarikure, Stefano Selleri, Viola Sorrentino*

Le Fonderie del Pignone sono una storica azienda fiorentina la cui fondazione risale al 1842, poi divenuta Nuovo Pignone nel secondo dopoguerra. Nel 1993 venne acquisita dalla General Electric e tale rimase fino al 2019, quando Baker Hughes acquistò alcune quote dalla General Electric fino ad arrivare ad oggi, quando è divenuta totalmente di proprietà Baker Hughes continuando però a conservare la sua leadership mondiale per la produzione di compressori centrifughi, alternativi e turbine a gas.

La collaborazione fra il laboratorio RF, Microonde ed Elettromagnetismo, di cui è responsabile il Prof. Giuseppe Pelosi, del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione con l'azienda si colloca nel periodo General Electric, un periodo nel quale la direzione statunitense dette maggior impulso alla ricerca, finanziando borse di studio di dottorato, delle quali uno degli autori di questo contributo ha usufruito dal 2011 al 2013 ottenendo il titolo con la tesi *Contribution to the art of finite element analysis in electromagnetics*.

La collaborazione è continuata anche successivamente con altre ricerche che hanno caratterizzato lo studio della compatibilità elettromagnetica di sensoristica e sistemi di acquisizione posti in ambiente industriale in presenza di motori e driver elettrici da cui la tesi di dottorato 'EMC/EMI in ambienti industriali con azionamenti elettrici a velocità variabile', così come di applicazione del metodo agli elementi finiti a problemi di propagazione elettromagnetica all'interno di una turbina, sempre per problemi di sensoristica.

Uno dei principali problemi riscontrati ancora oggi nella strumentazione di prototipi resta comunque sempre l'utilizzo corretto di sensoristica in ambiente industriale fortemente contaminato da disturbi elettromagnetici e spesso in assenza di dedicate terre di strumentazione.

Gabrio Martini, Baker Hughes, Italy, gabrio.martini@bakerhughes.com  
Laurent Ntibarikure, NXP Semiconductors, Netherlands, laurent.ntibarikure@nxp.com, 0009-0006-4601-3618  
Stefano Selleri, University of Florence, Italy, stefano.selleri@unifi.it, 0000-0003-3090-1451  
Viola Sorrentino, Baker Hughes, Italy, viola.sorrentino@unifi.it

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)  
FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Gabrio Martini, Laurent Ntibarikure, Stefano Selleri, Viola Sorrentino, *Sensoristica in ambiente estremo: l'interno di una turbina Baker Hughes*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.30, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 117-120, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

Per ovviare a queste mancanze è stato progettato (internamente a Nuovo Pignone) un particolare dispositivo elettronico di condizionamento di segnali che potrebbe essere oggetto di studio futuro per rinnovarne elettronica e funzionalità.

Il dispositivo in questione classificato 'trade secret' aziendale resta tutt'oggi, insieme all'uso delle tecniche di mitigazione dei disturbi canoniche, l'unica soluzione applicabile quando non sia possibile operare in ambiente elettromagneticamente pulito.

Una turbina è un ambiente in cui sono raggiunte temperature elevate e in cui sono presenti forti vibrazioni. Pertanto, durante la sua rotazione, è importante misurare grandezze fisiche come la temperatura e la deformazione, per verificare l'operatività

del sistema. Le alte temperature causano la dilatazione termica, da cui segue la deformazione dei materiali, fino a raggiungere dilatazioni dell'ordine della frazione di millimetro. Oltre alla sollecitazione termica, vi sono anche le vibrazioni dovute alla rotazione del rotore, che ruota a velocità che possono raggiungere i 12.000 giri/minuto.

È di conseguenza fondamentale una sensoristica raffinata per tenere sotto controllo costante e continuo tali deformazioni durante l'operatività della turbina. Solitamente sono impiegati degli estensimetri resistivi per la misura dello sforzo, che vengono fissati alle parti sottoposte a sollecitazione e opportunamente collegati tramite cavi agli strumenti di misura. Se questo non presenta particolari difficoltà sulla parte statorica, la parte rotorica non può essere ovviamente cablata direttamente. I cavi per il rotore vengono fatti passare attraverso la struttura rotante fino a degli anelli di scorrimento dell'albero motore che garantiscono un contatto elettrico con la parte statorica. Un sistema di misura sofisticato richiede però centinaia di sensori – e quindi di anelli – che sono elementi piuttosto fragili e soggetti a guasti frequenti.

L'attività principale della collaborazione è stata quindi lo studio di fattibilità di una sensoristica basata sulla tecnologia SAW (Surface Acoustic Wave – Onda Acustica Superficiale). Tali sensori non richiedono un sistema di alimentazione, sono passivi, leggeri e hanno dimensioni ridotte. Operano anche a temperature superiori a 600 °C e la loro resistenza agli urti e alle vibrazioni li rende durevoli in ambienti in cui vi sono forti sollecitazioni come le turbine.

Il punto centrale della collaborazione è stato poi quello di studiare la possibilità di interagire coi sensori SAW sul rotore in modo wireless, ovvero tramite un collegamento radio all'interno della turbina. L'assenza di cablaggi, e quindi di un contatto fisico diretto, consente infatti una maggiore robustezza ed affidabilità della sensoristica. Il nodo cruciale è quindi caratterizzare l'ambiente elettromagnetico estremo – con elevate temperature e parti in rapida rotazione – per garantire la comunicazione fra il sensore, progettato come un transponder passivo, e una ricetrasmittente fissata allo statore. L'ambiente operativo è quindi il volume interno alla turbina, approssimata a una cavità risonante toroidale, in cui la distribuzione del campo elettromagnetico e i relativi modi risonanti caratterizzano la possibilità di un collegamento wireless affidabile.

Inizialmente è stata studiata la distribuzione del campo elettromagnetico all'interno della cavità e sono stati identificati i suoi modi risonanti. Successivamente è stata progettata un'antenna a slot con meandri, che ha dimensioni estremamente piccole. Inserendo gli elementi radianti in turbina, la  $\text{Im}(Z_{12})$  risulta negativa, da cui si evince un'impedenza capacitiva fra questi, che causa il disaccoppiamento e una trasmissione non ottimale dell'informazione. Per risolvere tale problema, sono stati progettati accoppiatori circolari capacitivi con due differenti design della microstriscia stampata sul substrato.

Questa seconda soluzione garantisce prestazioni migliori rispetto alla prima in termini di trasmissione del segnale e soddisfa le specifiche elettromagnetiche ricevute dall'azienda. Infatti lavora alla frequenza operativa del sensore SAW (434 MHz), mo-

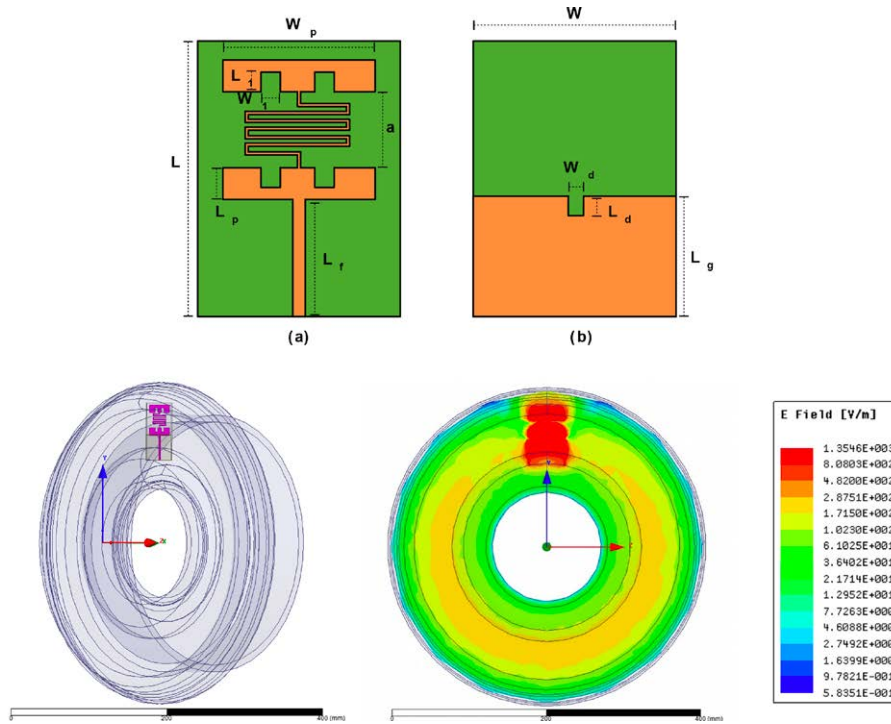


Figura 65 – Una delle diverse soluzioni studiate: un dipolo compatto progettato a 621 MHz (in alto) dimensionato per poter essere applicato sulla parte rotorica e statorica (in basso a sinistra posizionata sullo statore) e livelli di campo ottenuti nel volume di interesse (in basso a destra).

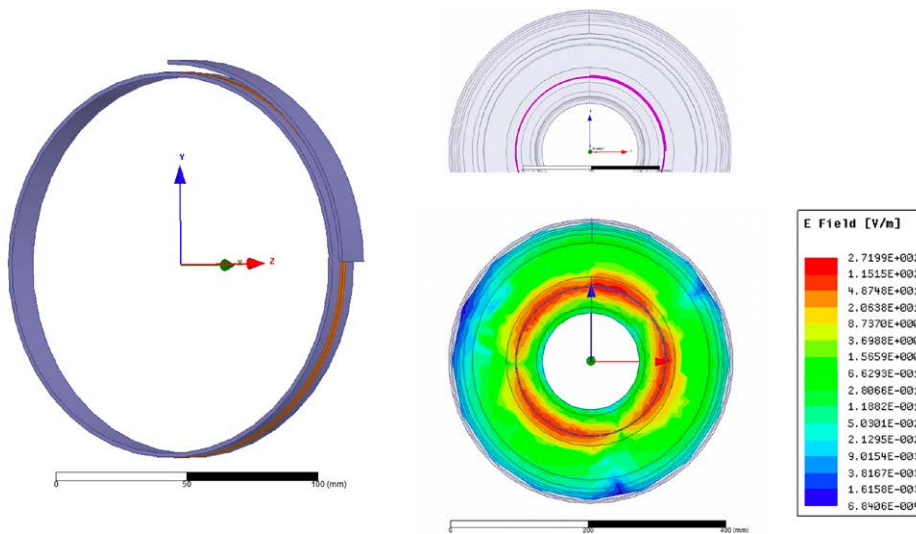


Figura 66 – Una seconda possibile soluzione: un accoppiatore direzionale capacitivo costituito da due stripline affiancate (a sinistra) suo posizionamento nella turbina (a destra in alto) e livelli di campo ottenuti nel volume di interesse (a destra in basso).

stra un'impedenza di  $50 \Omega$  a tutte le porte e limita a 3 dB la massima variazione del coefficiente di trasmissione nel range di frequenze sotto analisi. Pertanto questo accoppiatore direzionale circolare capacitivo garantisce un accoppiamento ottimale del segnale elettromagnetico all'interno della turbina, soddisfa le specifiche meccaniche di stabilità alle vibrazioni causate dalla rotazione e evita il sezionamento dell'unità statica in due parti, grazie alla sua estensione su un angolo di  $88,28^\circ$ . Tale configurazione finale è idonea anche alla produzione su larga scala, poiché progettata con il dielettrico FR408, che associa un basso costo ad una ottima qualità.

Ad oggi lo stato dell'arte della strumentazione wireless in Nuovo Pignone, quando si necessita dell'analisi delle deformazioni e delle temperature di parti rotoriche (ad esempio le pale di una turbina) è quello di ricorrere a sistemi telemetrici commerciali ad esempio 'Datatel' o 'Manner'.

Il loro principio di funzionamento si basa su un modulo o antenna trasmittente rotante sulla quale sono saldamente connessi a 'pins' speciali, i cavi della sensoristica quali estensimetri e termocoppie, la quale viene alimentata in maniera induttiva e da un modulo ricevente (costituito da una antenna ricevente e da un'elettronica di demodulazione e amplificazione del segnale) che fornisce in output segnali analogici o digitali pronti per essere acquisiti.

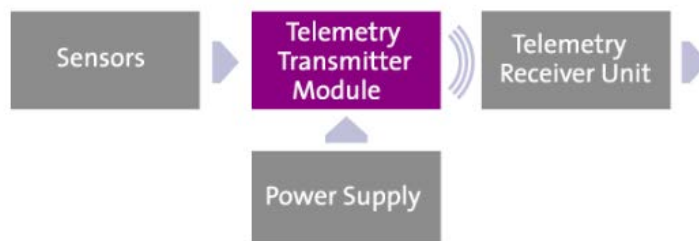


Figura 67 – Schema a blocchi di un sensore basato su telemetria.

# I contributi dei sistemi distribuiti: dalla musica ai 'social media'

Paolo Nesi<sup>1</sup>

La nascita di Internet ha influenzato l'evoluzione dell'ingegneria dell'informazione in modo profondo. I primi anni '90 sono stati segnati da moltissime ricerche che hanno prodotto innovazioni, tecnologie e soluzioni basate sulla comunicazione tra calcolatori, andando a porre le basi dei moderni sistemi distribuiti e mobili. La ricerca nel campo dei sistemi distribuiti ha prodotto una vera e propria rivoluzione favorendo lo sviluppo di soluzioni di complessità e flessibilità crescenti, prima su reti fisse e in seguito su quelle mobili. A metà degli anni '90, alla Facoltà di Ingegneria nasce il gruppo ed il laboratorio di sistemi distribuiti (DISIT lab) sulla spinta di alcuni progetti di ricerca internazionali, ed il corso universitario sui sistemi distribuiti. Le varie ricerche si sviluppavano sui fondamenti dei sistemi distribuiti, e le loro applicazioni all'automazione industriale, ai beni culturali, alle arti performative e alla musica. Fra queste, il leggio elettronico per la musica MOODS (*Music Object Oriented Distributed System*), si mostrava come un'area futuribile e innovativa, ed è quella che ha determinato il maggior impatto a livello nazionale ed internazionale.

MOODS nasce dalla collaborazione del gruppo di sistemi distribuiti con alcuni Maestri della Scuola di Musica di Fiesole: il primo prototipo di sistema collaborativo di leggii 'elettronici' per orchestre e gruppi. Il progetto ha visto la collaborazione del Teatro alla Scala, di Ricordi e altri editori. MOODS si è dimostrato in grado di gestire in modo funzionale ed efficace l'enorme quantità di informazione utilizzata da orchestre durante le prove e i concerti, opere, balletti, ecc.; da studenti di musica durante le lezioni; e dagli editori di musica durante la realizzazione/revisione di partiture e parti. È un cambio epocale, poter collaborare in tempo reale con altre persone nella modifica di documenti digitali complessi come la musica per la preparazione di

<sup>1</sup> Da A. Corvi et al. (a cura di). 2013. *Ingegneri & Ingegneria a Firenze, A quarant'anni dall'istituzione della Facoltà di Ingegneria*. Firenze: Firenze University Press.

Paolo Nesi, University of Florence, Italy, paolo.nesi@unifi.it, 0000-0003-1044-3107

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Paolo Nesi, *I contributi dei sistemi distribuiti: dalla musica ai 'social media'*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.31, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 121-125, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

modifiche alle numerose parti in pochi secondi durante le prove: «*ora vi do le nuove arcate e la diteggiatura di tutta la battuta*», senza aspettare di modificare a matita ogni parte. Gli orchestrali, come il direttore, ricevono la musica tramite la rete, e lavorano su partiture e parti in modo collaborativo. Grazie a MOODS sono dispensati dal dover girare le pagine, si leggeva «*Spartiti addio. Arriva il leggio elettronico*». Oggi si è abituati a vedere sistemi mobili come i *tablet/iPad*. MOODS proponeva gli stessi principi di interazione, usabilità e comunicazione, con i limiti della tecnologia del momento. Anche se MOODS nasce per gestire l'informazione musicale durante le prove e le esecuzioni in gruppi di musicisti, ha prodotto risultati fondamentali per il governo e la costruzione di sistemi collaborativi garantendo causalità, consistenza, convergenza e 'undo selettivo'.

Su tali basi si sono in seguito sviluppate svariate ricerche sui sistemi distribuiti collaborativi, sull'elaborazione del segnale audio, e sulla rappresentazione semantica delle informazioni, con tecniche inferenziali di Intelligenza Artificiale. Dalla prima collaborazione con la Scuola di Musica di Fiesole, si sono estese collaborazioni di livello nazionale con il Maggio Musicale Fiorentino, Arcipelago Musica, Casa Ricordi, Sugarmusic, e internazionale con IRCAM di Parigi (*Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique*), ecc. Nasce WEDELMUSIC per la ricerca su modelli e strumenti per la gestione di archivi musicali che crea nuovi modelli di protezione e di gestione dei diritti della musica. Tali ricerche hanno posto le basi per applicazioni e soluzioni fino a quel momento impossibili ed impensabili. Molto si deve alla definizione di un nuovo formato, di un nuovo modello semantico descrittivo della musica che ha unificato la rappresentazione su domini multipli come le note su spartiti e parti, i suoni prodotti, gli eventi generati, la lirica, la rappresentazione Braille. Sulla base del nuovo modello nascono strumenti innovativi per la notazione musicale e la loro integrazione con i media, verso sistemi digitali come i computer, ma anche il decoder che oggi abbiamo nelle nostre case, e infine i sistemi mobili. Nel 2008, i risultati di ricerca sono riconosciuti a livello internazionale, il gruppo MPEG ISO (*International Standard Organization*) identifica nel formato WEDELMUSIC derivato da MOODS la fonte primaria per la definizione dello standard MPEG SMR (*Symbolic Music Representation*), una parte di MPEG-4. MPEG-4 è alla base dei nostri decoder satellitari, e digitale terrestre, il formato dei DVD, e molti dei video che oggi vediamo sono in tale formato anche nei nostri televisori. MPEG SMR è pertanto una soluzione del DISIT Lab dell'Università di Firenze.

Fanno parte di tale famiglia MPEG SMR: soluzioni per la formattazione automatica della musica per strumenti di editoria musicale, soluzioni per trasformare in modo automatizzato le partiture cartacee in formati simbolici gestibili dal calcolatore, gli OMR (*Optical Music Recognition*); i modelli per la gestione della componente lirica multilingua, ecc. Nascono le soluzioni educazionali collaborative (I-MAESTRO) con le quali i movimenti del musicista vengono analizzati in tempo reale dal calcolatore per produrre suggerimenti e annotazioni sulla sua esecuzione, i maestri di musica possono interagire con i loro studenti a distanza ed in modo collaborativo, inviare esercizi di teoria e pratica musicale, ricevendo dai terminali dei loro studenti informazioni utili sul comportamento e sui miglioramenti degli studenti stessi. Alla base di tali soluzioni, vi sono ricerche su algoritmi e modelli di analisi del segnale che dall'audio polifonico permettono di riconoscere le voci degli strumenti, le singole note, gli attacchi, gli accordi, ma anche le sfumature. A questo riguardo nel 2009, il gruppo risulta vincitore della competizione internazionale MIREX fra gruppi di ricerca sulla conversione da suono a musica simbolica per quanto riguarda la polifonia del piano. In seguito, nasce il laboratorio INEA per l'ingegneria elettroacustica con la collaborazione di svariate

industrie fiorentine del settore e tre dipartimenti di ingegneria con i docenti Prof.ssa M. Carfagni, Prof. F. Argenti e l'autore di questo contributo.

Sulla stessa linea si sviluppano ricerche per la creazione di soluzioni di gestione, protezione e distribuzione di contenuti digitali e dei diritti, AXMEDIS, contribuendo alla definizione dello standard MPEG-21 tramite soluzioni sviluppate nell'ambito della ricerca con BBC, Eutelsat, Tiscali, HP, RAI, SIAE, AFI, SDAE, Accademia Nazionale di Santa Cecilia (Roma), ecc., in quel periodo si leggeva «*da Firenze la tecnologia anti-pirateria*». Alcune di queste soluzioni nell'ambito della produzione e protezione automatizzata di contenuti digitali per la grande distribuzione e la gestione dei diritti hanno avuto riconoscimenti come quello dell'*Italia degli innovatori* dell'Agenzia per la diffusione delle tecnologie per l'innovazione della Presidenza del Consiglio dei Ministri.

Nel 2010, la ricerca ha portato a sviluppare algoritmi e soluzioni per social media e cloud, fondando ECLAP (*European Collected Library of Artistic Performance*<sup>2</sup>), che da una parte gestisce contenuti digitali che provengono da oltre 35 prestigiose istituzioni internazionali e nazionali, come l'archivio del premio Nobel Dario Fo e Franca Rame, l'Università di Glasgow, l'Università di Roma, l'Università di Amsterdam, ecc.; dall'altra le mette in comunicazione con Europeana (la *library* europea digitale dei beni culturali) e tutti i social network, da Facebook a Twitter. ECLAP sviluppa ricerca per la definizione di nuovi strumenti educazionali basati su modelli semantici, motori di ricerca avanzati, e strumenti di aggregazione e annotazione. Le ricerche alla base di ECLAP rientrano in quelle che oggi sono chiamate tecnologie dei social media e di Data Analytics. Queste includono aspetti di Intelligenza Artificiale, come la modellazione semantica delle relazioni, indicizzazione semantica multilingua, analisi del linguaggio naturale, produzione di algoritmi di analisi per raccomandazioni e suggerimenti per stimolare il comportamento degli utenti e per aiutarli a collaborare e ad apprendere (*user engagement*). Particolare attenzione è rivolta allo studio del comportamento degli utenti, anche per facilitare l'uso di strumenti mobili come smartphone e tablet, per l'accesso a contenuti educazionali che includono video, audio, e-book, documenti, immagini, animazioni, collezioni, corsi, annotazioni, e playlist, e la gestione dei contenuti generati dagli utenti stessi, UGC, User Generated Content.

Questa illustrazione del coinvolgimento dei ricercatori della Facoltà di Ingegneria dovrebbe aver esemplificato come le ricerche e le tecnologie dei sistemi distribuiti e di Internet possano aver prodotto delle innovazioni che hanno cambiato in modo sostanziale la nostra vita di tutti i giorni. Oggi rimane naturale comunicare utilizzando sistemi mobili, e collaborare per produrre documenti e artefatti digitali tramite la mediazione del computer, senza pensare che le ricerche alla base di tali soluzioni e tali standard, oramai molto diffusi, derivano anche dal lavoro fondamentale delle eccellenze dei ricercatori fiorentini, dalla loro costanza e dalla loro competenza a livello internazionale. Questo fatto è spesso ricordato dai nostri Ingegneri che si sono trovati a confrontarsi da studenti con tali problematiche molti anni prima che queste siano diventate di interesse per le industrie e in seguito presenti in strumenti di consumo e negli standard internazionali che usiamo tutti i giorni. Per questo siamo orgogliosi di aver fornito e di continuare a fornire un bagaglio di notevole competitività internazionale e di ricadute sul territorio.

<sup>2</sup> <http://www.eclap.eu>



Figura 68 – MOODS: prove della Scuola di Musica di Fiesole, 1997.



Figura 69 – Prima di MOODS al Teatro alla Scala (Milano, 1998).

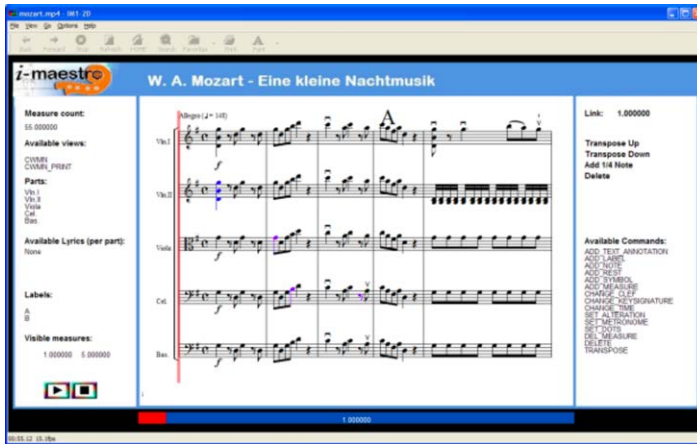


Figura 70 – MPEG4 player con la codifica della musica in formato MPEG SMR.

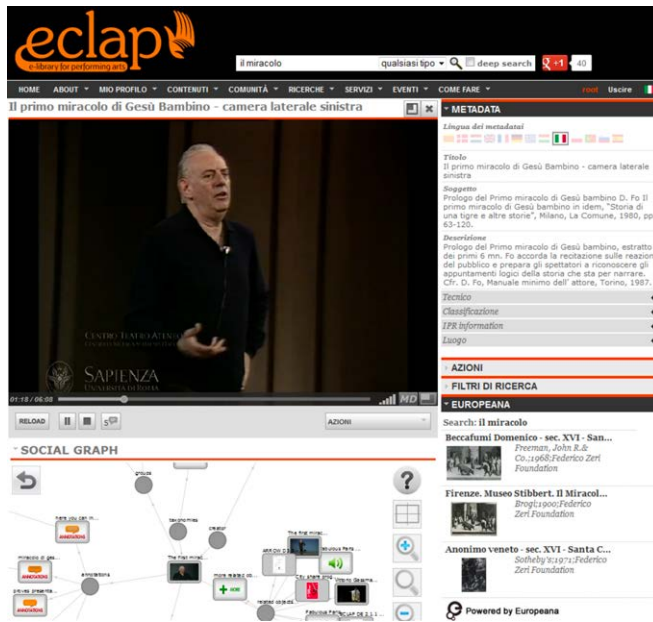


Figura 71 – ECLAP, la rete di buona pratica europea per i contenuti delle arti performative e l'uso delle tecnologie di social media (video di Dario Fo).



# Da Big Data Analytic ai Data Models e Digital Twin

*Paolo Nesi*

Nei primi anni del 2000 la generazione di dati è cresciuta in modo esponenziale e con questa la necessità di gestirli e l'opportunità di produrre conoscenza da questi. Uno dei fattori che hanno provocato questa accelerazione è stata la spinta europea agli *Open Data* per una amministrazione trasparente e per arrivare a processi decisionali guidati dai dati (data-driven) a vari livelli sia del decisore che del consumatore (utente finale del servizio). Tale impulso ha spinto a rendere pubblici dati statistici e puntuali dei singoli comuni, province, regioni fino alle grandi istituzioni e alle grandi industrie. Fra questi dati sono comparsi inizialmente molti dati statistici, in seguito quelli satellitari di varia natura, una miriade di dati relativi a misurazioni puntuali dal mondo dell'Internet delle Cose (Internet of Things, IoT), come dati da sensori ambientali, di traffico, inquinamento, mezzi di trasporto, energia, ecc. Inoltre, i flussi dati prodotti dal comportamento delle persone, dai loro spostamenti, dagli acquisti, il comportamento delle persone tramite i tracciati della telefonia mobile, da telecamere, dai contapersone, dalle scatole nere delle assicurazioni sui mezzi privati, e sui mezzi di trasporto pubblici, ecc. (Internet of Everything, IoE). Ma anche i dati dei social media, i post sui blog, i tweet, ecc.

In tali anni, il DISIT lab dell'Università di Firenze ha iniziato ad estendere la sua attività nel campo dei Big Data e del Big Data Analytic abbandonando progressivamente la tematica dei media che aveva prodotto rilevanti progetti di ricerca AXMEDIS, MO-ODS, Wedelmusic, ecc., per andare a trattare dati molto più eterogenei e complessi. In questo nuovo contesto, partendo dalla definizione dei modelli e delle tecniche di intelligenza artificiale per l'analisi del testo ed il ragionamento automatico logico/semantico, ed in seguito con le previsioni su serie storiche, l'identificazione di anomalie (diagnosi precoce, *early warning*), per arrivare allo sfruttamento dei dati per i sistemi di supporto alle decisioni con approcci neuro-simbolici. Questi erano da tempo temi di ricerca di base all'interno del DISIT lab su progetti tipicamente in ambito industriale, beni culturali e media dove si generavano e si dovevano manipolare grandi quantità di dati. Il mondo degli open data, dell'IoT/IoE fino al Web of Things, WoT, hanno aperto l'uso di tecniche

Paolo Nesi, University of Florence, Italy, paolo.nesi@unifi.it, 0000-0003-1044-3107

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Paolo Nesi, *Da Big Data Analytic ai Data Models e Digital Twin*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.32, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 127-131, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

di Big Data Analytic/Artificial Intelligence e dei Sistemi Distribuiti ai sistemi con alta densità di dati e processi, connessi e controllati da interventi decisionali umani come le Smart City, i processi decisionali industriali i sistemi, i sistemi CyberPhysical, e i sistemi Cloud. Nasce in quegli anni la soluzione ICARO cloud (2015) come risultato dell'omonimo progetto di ricerca, in collaborazione con Var Group per la gestione intelligente di grandi data center in cloud, e cloud service provider, per l'ottimizzazione delle risorse ed allocazione automatica dei processi e delle applicazioni gestite in cloud di grandi dimensioni, tramite tecniche inferenziali e ragionamento automatico sull'ontologia smart cloud definita dal DISIT Lab, soluzioni di semantic computing.



Figura 72 – La dashboard primaria della control room della Città di Firenze con il Sindaco Dario Nardella (2019).

Una pietra miliare del DISIT lab è stata la realizzazione del modello Km4City (Knowledge Model for the City) presentato nel 2013 nel Salone dei Cinquecento a Palazzo Vecchio, Firenze. Era la base di quello che è diventato un sistema esperto per la città che sfrutta la modellazione dei dati a livello cittadino e regionale, e il ragionamento inferenziale semantico, oggi si direbbe simbolico. Il primo impiego si è visto nell'aggregatore dati per la Città di Firenze, ed in seguito come parte centrale del progetto Sii-Mobility di ricerca Smart City nazionale per la mobilità ed i trasporti sostenibili, il progetto nazionale del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, MIUR, su mobilità e trasporti ideato nel 2012 e operativo fino al 2022, coordinato da DISIT lab, che ha prodotto la piattaforma Sii-Mobility open source per il riuso della pubblica amministrazione, ma anche modelli per la ricostruzione del traffico da equazioni differenziali, modelli predittivi su parcheggi e bike sharing (con soluzioni di deep learning, e di Explainable AI, XAI), analisi di dati dai social media (con tecniche di NLP, natural language processing, e sentiment analysis, con la soluzione Twitter Vigilance per l'analisi social media), ecc., e sperimentazioni su tutta la Toscana coinvolgendo operatori del trasporto pubblico locale e nazionale come: ATAF, BUSITALIA, CTTnord, Tiemme, ECM, e molte altre aziende del territorio Fiorentino e Toscano, e decine di pubblicazioni internazionali e soluzioni e prodotti derivati. La ricerca in Sii-Mobility ha sviluppato il Sistema Integrato Interoperabile, SII, con alla base Km4City, per le smart city e la mobilità utilizzato in seguito alla base di progetti europei di ricerca di grandi dimensioni come REPLICATE H2020 e RESOLUTE H2020. REPLICATE è stato un progetto faro smart city della Commissione Europea, nel quale è stata realizzata la prima versione della Smart City Control Room di Firenze, tutt'ora attiva ed in uso del Sindaco Dario Nardella (2023). Il progetto RESOLUTE di ricerca ha sfruttato la modellazione Km4City ed il motore Big Data Analytic per la definizione delle linee guida Europee per la resilienza delle infrastrutture critiche, con attenzione ai sistemi

di trasporto in Firenze ed Atene, tenendo conto dei dati del traffico, dell'inquinamento e dei flussi delle persone, e per la sua realizzazione operativa fino al computo automatico del sistema di supporto alle decisioni. Con questi progetti, il modello Km4City ed il SII si sono evoluti fino a fornire soluzioni a supporto delle decisioni, anche a fronte di eventi inattesi, gli *unexpected unknowns*. Per esempio, la bomba d'acqua in Lungarno Colombo.

Vengono istituiti in quegli anni corsi Universitari per la Magistrale come Big Data Architecture, Knowledge Engineering e anche il master MABIDA in Big Data Analytics and Technologies for Management dell'Università di Firenze.

La ricerca del DISIT lab in ambito Big Data Analytic, Smart City ed IoT si è spinta ancora maggiormente a livello internazionale con il progetto Snap4City e l'omonima piattaforma<sup>1</sup>, che ha visto il DISIT lab cimentarsi in una competizione internazionale (Select4Cities) finanziata dalla Commissione Europea e diretta da Copenaghen, Antwerp ed Helsinki per la selezione della migliore soluzione in ambito smart city ed IoT/IoE. Il consenso su Snap4City è cresciuto notevolmente anche grazie al modello a MicroServizi, ed al suo sviluppo in termini di oltre 180 nodi e 4 libraries per la piattaforma Node-RED della JS Foundation. Risultato: Snap4City ha ricevuto l'Award del vincitore di tale competizione nel 2019 a Barcellona, allo Smart City Expo World Congress, presentando una soluzione capace di integrare modelli smart di visualizzazione Big Data Analytic, un motore di intelligenza artificiale (machine learning e deep learning e XAI), un modello Km4City avanzato, una soluzione integrata basata su MicroServizi per la programmazione visuale di processi smart, l'assistente virtuale conversazionale PAVAL in grado di rispondere a domande su Firenze e dare indicazioni turistiche con tecniche di NLP, completamente open source, conforme all'allora nuova normativa sulla privacy, il GDPR. La stessa soluzione Snap4City è stata in seguito certificata dalla fondazione FIWARE (CEF della Commissione Europea), è presente su EOSC (European Open Science Cloud), è presente in E015 regione Lombardia, ed in trial presso il JRC ISPRA della Commissione Europea.

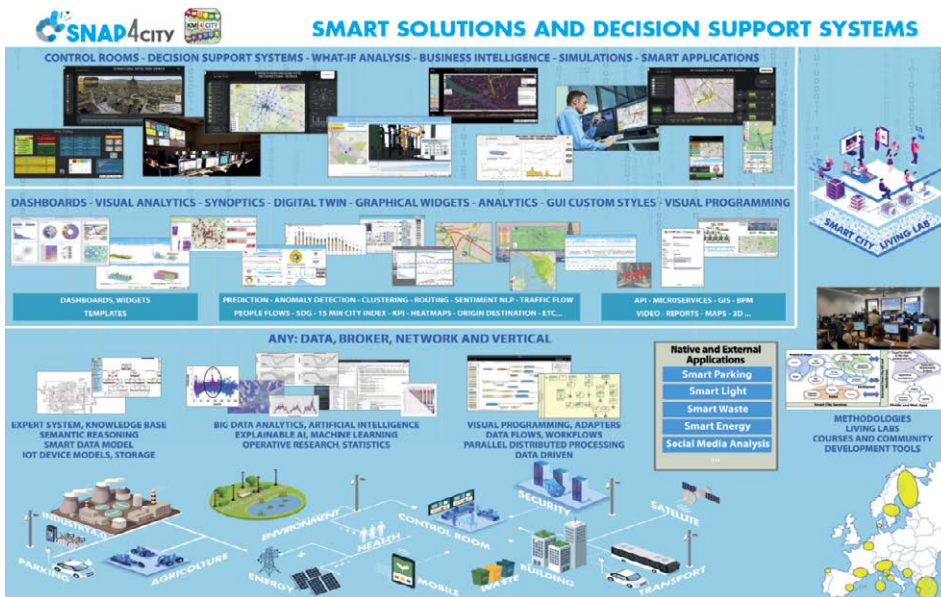


Figura 73 – La sintesi della piattaforma Snap4City.

<sup>1</sup> <https://www.Snap4City.org>

Si leggeva in quel periodo: «1st place has been awarded to Florence (Snap4City) [...] the competition was really hard [...] about Snap4City strong points as always, excellent analytics, excellent data aggregation».

Negli stessi anni nasceva la Città Metropolitana di Firenze, una delle dieci città metropolitane italiane. Il DISIT lab ha coordinato la parte ICT del piano strategico della Città Metropolitana di Firenze. In seguito, questa capacità e competenza del DISIT lab per la definizione di piani strategici per le Smart City si è confermata con lo sviluppo di quello del ministero dell'innovazione di Cypro, dove il DISIT lab ha coordinato le competenze di esperti internazionali e delle Università di Pisa e Cagliari.

Sulla linea di ricerca su Big Data Analytic per le Smart City/IoT con Snap4City si sono innestati a cascata svariati altri progetti. TRAFAIR CEF, progetto di ricerca della Commissione Europea (2018) dove il DISIT lab ha prodotto modelli di ricostruzione del traffico e per le predizioni del NOX (NO, NO2) tramite modelli di Artificial Intelligence e della fluidodinamica nei modelli 3D della città sulla base del traffico in Firenze, Pisa e Livorno, ma anche in altre città europee. TRAFAIR ha vinto il ECOHiTech Award 2022; MOBIMART Interreg per la smart city di Pisa che ha prodotto Snap4Pisa; Life Weee per la raccolta intelligente di RAEE (rifiuti ad elevato valore: Rifiuti di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche) in Toscana e in Catalogna; 5G per la sperimentazione delle tecnologie 5G dove DISIT lab ha contribuito con la piattaforma Snap4City. Nasce il progetto MOSAIC di ricerca con Alstom e altri partner, dove DISIT Lab ha prodotto DORAM per i modelli di analisi a supporto delle decisioni in ambito del trasporto pubblico e per valutare la soddisfazione della domanda di mobilità sulla base dell'offerta di trasporto pubblico (bus, ferrovie leggere, tramvia, ecc.), e la What-If analysis sui servizi di trasporto pubblico (rispondendo a domande del tipo: «Cosa accade al trasporto pubblico se si operano delle modifiche al servizio anche fuori dagli schemi e dalle esperienze pregresse?», quali saranno le fermate critiche in termini di persone in attesa alla fermata?). Il progetto GHOST MIUR SIR a Cagliari per il governo delle smart city in tema di smart governance.

Nel 2019, prima della pandemia COVID-19, DISIT lab ha messo a punto un modello con Snap4City per la valutazione e la pianificazione delle città sulla base di dati accessibili in modo da rispettare il concetto della città a 15 minuti, per il quale ogni area della città dovrebbe fornire servizi accessibili nella distanza di 15 minuti a piedi da dove vivono i cittadini (servizi di mobilità, governo, lavoro, salute, educazione, sport, cultura, culto, ecc.). Il modello, 15 Min City Index del DISIT lab ha vinto la challenge internazionale di ENEL-X dimostrandone la validità sulla Città Metropolitana di Firenze, e fornendo il supporto per poterlo applicare sulla Città Metropolitana di Bologna. In seguito, il modello a 15 Minuti del DISIT è stato adottato da ENEL-X per realizzare un servizio a livello nazionale, operativo dal 2021 su tutte le microaree a 15 minuti degli 8000 comuni italiani. Anche questo ha vinto l'ECOHiTech Award 2022. Nasce in questi anni lo Snap4, *spin-off* dell'Università di Firenze, in seguito trasformato in *spin-off* accademico e start up innovativa.

Nel 2020 è iniziato il progetto di ricerca Herit-Data Interreg della Commissione Europea per comprendere e definire soluzioni basate su dati nel contesto dei flussi turistici in Firenze, Valencia, Pont du Gard, Patrasso, Mostar e Dubrovnik, che sono aree turistiche di grande attrazione in Europa. Il DISIT lab ha utilizzato la piattaforma Snap4City per lo sviluppo di modelli Big Data Analytics, di analisi e predittivi per i flussi di persone tramite dati eterogenei da: sensori, telecamere termiche, arrivi/partenze, social media da Twitter; usando anche tecniche NLP e Sentiment Analysis su Twitter Vigilance. Sono stati prodotti modelli predittivi della reputazione dei servizi e delle presenze nelle aree critiche delle città. Nello stesso contesto, è stato sviluppato

il primo Digital Twin globale della città di Firenze, che fornisce una rappresentazione navigabile del modello 3D di Firenze ed integrata ai dati real time della Control Room di Firenze, ed integrata con alcuni modelli BIM (Building Information Modeling) di edifici ad elevato valore storico. Questa stessa rappresentazione ha avuto risonanza in eventi e quaderni del CNEL (Consiglio Nazionale dell'Economia del Lavoro della Repubblica Italiana), menzione allo Smart City Expo World Congress 2022, nonché vari Keynote, Award a conferenze internazionali, e interventi su vari Master dell'Università di Firenze e negli Smart Talk dell'Università di Bologna. La modellazione Digital Twin di Snap4City ha riscosso un ampio successo, non solo nella modellazione 3D ma nella rappresentazione di elementi real time e controparti digitali complesse che sottendono al modello anche in ambito industriale.



# Come il DINFO ha contribuito a trasformare il radar da strumentazione militare a sensore per usi civili

*Massimiliano Pieraccini*

Nel 1970 venne finalmente istituita la Facoltà di Ingegneria a Firenze, una tra le ultime dell'Ateneo fiorentino, la cui fondazione risale al 1924. Nell'ambito di tale Facoltà nel 1971 iniziò il primo anno del corso di laurea in Ingegneria Elettronica, che fortunatamente non nasceva dal nulla, perché a Firenze c'era già una fiorente attività di ricerca nel campo dei radar e delle onde elettromagnetiche. Il promotore e 'padre nobile' ne era stato Nello Carrara, compagno di studi di Enrico Fermi alla Scuola Normale di Pisa, pioniere del radar, fondatore del Centro Microonde a Firenze (attualmente denominato Istituto per la Fisica Applicata 'Nello Carrara', IFAC). E in effetti molti dei primi docenti di ingegneria elettronica erano stati allievi di Nello Carrara. Vorrei ricordare, tra gli altri, Leonardo Masotti, Carlo Atzeni, Gianfranco Manes, Vito Cappellini, Luigi Millanta che negli anni successivi ebbero un ruolo determinante nello sviluppo del Dipartimento (che ha cambiato più volte nome dall'originario Dipartimento di Ingegneria Elettronica all'attuale Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione). Le tematiche del radar entrarono quindi fin da subito nel DNA del Dipartimento anche se ciascuno le declinò in modo un po' diverso. Masotti e Atzeni, già a partire dagli anni '80, si dedicarono all'ecografo, che è a tutti gli effetti un radar che usa onde acustiche anziché onde elettromagnetiche e che sicuramente ha applicazioni non militari. Questa linea di ricerca è poi stata portata avanti con grande successo da Piero Tortoli, allievo di Carlo Atzeni. Atzeni e Manes si dedicarono negli anni Novanta allo sviluppo del radar anticollisione per autoveicoli in collaborazione con grandi realtà del panorama italiano (tra cui il Centro Ricerche FIAT). Un'applicazione che precorreva i tempi, ma che sfortunatamente si estinse una decina di anni prima della comparsa dei primi radar sulle autovetture commerciali. Di questo il mio maestro Carlo Atzeni mi ha spesso parlato con rimpianto, come una grande occasione mancata per l'industria italiana. Nel frattempo, altri continuavano ad occuparsi di radar per applicazioni civili, in particolare radar meteorologici su iniziativa di Dino Giuli. Attualmente questa

Massimiliano Pieraccini, University of Florence, Italy, massimiliano.pieraccini@unifi.it, 0000-0002-3661-726X

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Massimiliano Pieraccini, *Come il DINFO ha contribuito a trasformare il radar da strumentazione militare a sensore per usi civili*. © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.33, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 133-136, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

linea di ricerca è proseguita da Luca Facheris, allievo di Giuli. Inoltre, alla fine degli anni Novanta, Lorenzo Capineri, allievo di Masotti, comincia ad occuparsi di radar penetranti per lo sminamento umanitario, un argomento al confine tra applicazione militare e civile, ma all'epoca molto attuale dopo la guerra in Bosnia e probabilmente destinato a tornare attuale con la guerra in Ucraina.

Ma per arrivare a sviluppi che più mi riguardano personalmente, nei primi anni 2000, con il mio maestro Carlo Atzeni, cominciammo ad occuparci di un'applicazione del tutto nuova dei radar, di cui posso dire di essere stato tra i pionieri: il Ground-Based Synthetic Aperture Radar (GBSAR). L'idea era sfruttare su un'installazione terrestre la tecnologia Synthetic Aperture Radar (SAR) originariamente sviluppata per radar a bordo di satelliti o aerei. In tal modo si riusciva a fare da terra cose che normalmente si potevano fare solo da satellite. In particolare, l'interferometria differenziale risultò la carta vincente. Mediante radar installati a terra si poteva misurare spostamenti sub-millimetrici di versanti in frana o di edifici, monumenti, ponti. Il radar diventava quindi uno strumento di rapida installazione per tenere sotto controllo versanti instabili o per monitorare infrastrutture.

Grazie ai buoni contatti industriali del Prof. Carlo Atzeni, riuscimmo a interessare una importante azienda, l'IDS (Ingegneria dei Sistemi), già attiva nel campo dei radar, ma intenzionata a diversificare le attività dal campo militare al campo civile. Tra l'altro eravamo in un periodo storico in cui la guerra fredda era finita da poco e le aziende attive in settori militari cercavano di riconvertirsi al nuovo scenario. Fu necessario ancora qualche anno di lavoro intenso per industrializzare i primi prototipi. Un percorso che è stato fatto quasi interamente presso il Dipartimento costituendo uno straordinario momento formativo per i ricercatori coinvolti, ma anche per i molti studenti, dottorandi, assegnisti che hanno collaborato. E finalmente nel 2008, esce il primo GBSAR commerciale, un evento che ci riempie di orgoglio, perché negli anni successivi diverrà uno straordinario successo (che poi numerose aziende tenteranno di copiare anche in maniera piuttosto spudorata, ma questo è forse il più indiscutibile indice del successo di un prodotto). Non ho idea di quanti GBSAR installati nel mondo ci siano, ma sicuramente molte migliaia, contribuendo in maniera sostanziale alla sicurezza di versanti e infrastrutture critiche.



Figura 74 – Il primo GBSAR. Da sinistra verso destra: Linhsia Noferini, Guido Luzi, Massimiliano Pieraccini (anno 1999 circa)



Figura 75 – Il GBSAR commerciale, prodotto da IDS S.p.A. (anno 2010 circa).

Il GBSAR mi ha tenuto impegnato per oltre un decennio, nel quale però mi sono occupato di varie altre cose, tra cui il Ground Penetrating Radar (GPR). In effetti nei primi anni 2000, proprio l'esperienza con il GBSAR, mi permise di sviluppare un radar penetrante non a contatto che fu applicato con successo sulle pareti del Salone dei Cinquecento in Palazzo Vecchio a Firenze per contribuire alla ricerca del perduto dipinto di Leonardo Da Vinci noto come *Battaglia di Anghiari*. Questa investigazione ebbe una notevole risonanza mediatica, fu oggetto anche di varie trasmissioni televisive (fu persino citato nel best-seller internazionale *Il codice Da Vinci* di Dan Brown) e suscitò un dibattito molto acceso, a tratti polemico, tra gli storici dell'arte e gli esperti della soprintendenza. Il clamore fu tale che finì per coinvolgere anche il sindaco di Firenze dell'epoca (Matteo Renzi) e persino il Ministro dei Beni Culturali (Lorenzo Ornaghi).



Figura 76 – Investigazione radar delle pareti del Salone dei Cinquecento, Palazzo Vecchio, Firenze.

Tra il 2015 e il 2020 i tempi erano maturi per un'altra importante innovazione della portata del GBSAR. E questa è stata l'impiego di UAS (Unmanned Aerial System) come piattaforme per l'interferometria SAR. L'idea è stata trasferire la quasi ventennale esperienza sul SAR a terra, su una piattaforma aerea che vola a bassa velocità e a bassa quota: ad esempio un quadricottero o un esacottero. Il SAR da UAS di fatto copre il gap tra il SAR da satellite e il SAR da terra. Il primo opera su vaste aree senza grandi vincoli orografici, ma con tempi lunghi tra un'acquisizione e la successiva. Il secondo opera su un singolo sito, con vincoli orografici piuttosto stringenti, ma con tempi brevissimi tra un'acquisizione e la successiva. Il SAR da UAS combina aree piuttosto vaste, senza grandi vincoli orografici e tempi brevi tra un'acquisizione e la successiva. E il fatto notevole è che il know-how acquisito con il GBSAR è fondamentale per questo nuovo sviluppo perché, un po' paradossalmente, le problematiche dell'elaborazione SAR da UAS sono più vicine a quelle del GBSAR che del SAR da satellite, che vola ad altissima velocità su traiettorie rettilinee. Questo è l'argomento di ricerca sul quale oggi il laboratorio di cui sono responsabile (Electronic Systems for Environment and Cultural Heritage, ESECH lab) è più intensamente impegnato e sul quale sono stati ottenuti anche consistenti finanziamenti. Le premesse affinché possa essere un'applicazione di successo ci sono tutte, ma ovviamente qualsiasi attività di ricerca è per sua natura un'attività ad alto rischio. Questa è una lezione che posso dire di aver ben imparato nella mia non più brevissima carriera accademica.

# Rete a banda larga e sistema satellitare per esperimenti di Telemedicina

Laura Pierucci

La Telemedicina secondo le linee guida del Ministero della Salute è la «modalità di erogazione di servizi di assistenza sanitaria, tramite il ricorso a tecnologie innovative, in particolare alle Information and Communication Technologies (ICT), in situazioni in cui il professionista della salute e il paziente (o due professionisti) non si trovano nella stessa località».

Si tratta quindi di servizi per il *benessere* in generale della persona sia che si tratti di teleassistenza, telemonitoraggio di persone anziane, di pazienti con problematiche neurovegetative o altre patologie, di consulti da remoto con rilascio di referti come è successo durante la pandemia da Covid-19 o di teleconsulto tra medici specialisti, chirurghi. Nell'ambito del Pnrr sono stati riservati 7 miliardi di euro alla Telemedicina come conferma del suo impatto sulla sanità territoriale e nazionale.

Nei primi anni '90 si sono attuate sperimentazioni di Telemedicina realizzate presso l'Università di Firenze – Dipartimento DET (attuale Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione DINFO) nell'ambito del progetto PROGETTO FINALIZZATO TELECOMUNICAZIONI del CNR, diretto dal Prof. Aldo Roveri dell'Università di Roma (La Sapienza) con la partecipazione della SIP (ora TIM Italia), della Regione Toscana e dell'Università di Firenze, come coordinatore del Sotto-Progetto 5- Tests on Broad Band Telecommunication Network and Services. Servizi di Telemedicina con trasmissioni di immagini mediche ad alta risoluzione si sono avvalsi della rete a banda larga in fibra ottica che collegava vari nodi delle province di Firenze, Pisa e Siena la cosiddetta MAN (Metropolitan Area Network) Toscana.

Successivamente, nel periodo 1995-2000, due importanti progetti europei a cui ha partecipato l'Università di Firenze (ex DET/DINFO), il Progetto Europeo FP4 ACTS Interactive Satellite Multimedia Information System ISIS e il Progetto Europeo Ten-Telecom Generic Advanced Low Cost trans European Network Over Satellite GALENOS hanno dimostrato la fattibilità di servizi interattivi di Telemedicina tramite sistema satellitare.

Laura Pierucci, University of Florence, Italy, laura.pierucci@unifi.it, 0000-0001-6271-7988

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Laura Pierucci, *Rete a banda larga e sistema satellitare per esperimenti di Telemedicina*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.34, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 137-139, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

Al progetto ISIS<sup>1</sup> hanno partecipato Balkan Press Ltd (Grecia), Cmu (Italia), Eutelsat (Francia), IBM Semea S.p.A. (Italia), INTRACOM (Grecia), Nuova Telespazio S.p.A. (Italia), Philips LEP (Spagna), Radiotelevisione Italiana (Italia), Space Engineering S.p.A. (Italia), Sbp (Italia), TSAT (Norvegia), Università di Firenze (Italia), University of Salzburg (Austria) con l'obiettivo di definire l'adeguatezza di un collegamento satellitare a doppia banda, vale a dire banda Ku (12-14 GHz) sul percorso di andata e banda Ka (20-30 GHz) sul percorso interattivo di ritorno per sviluppare servizi e prodotti multimediali industriali e ottimizzare l'integrazione delle risorse satellitari con le reti terrestri per la fornitura di servizi multimediali.

Nell'ambito del progetto è stato sviluppato un testbed con i seguenti componenti:

- satellite in banda Ku: serie EUTELSAT/Hot Bird (situato a circa 13° E);
- satellite in banda Ka: ITALSAT FII (situato a 13,2°);
- terminale utente (home direct terminal incluso set top box), ossia, parabola di 0,8 m, in grado di supportare pacchetti bursty del canale di ritorno a 64 kbps;
- Broadcasting Center (BC) che si collega ai due satelliti e riceve e gestisce il traffico di ritorno. L'up-link in banda Ku secondo lo standard MPEG2 DVB-S. Il BC aveva sede presso il Centro RAI di Torino;
- server video (co-situato presso il Centro di trasmissione).

Le campagne di trials hanno riguardato nuovi servizi INTERNET, Multimedia Teamwork, Tele-educazione, Distribuzione di giornali elettronici, Telemedicina.

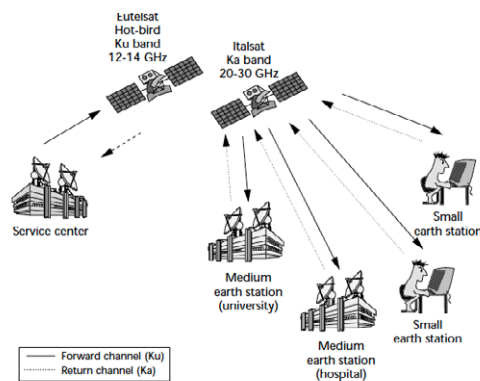


Figura 77 – ISIS -Telemedicina tra vari ospedali collegati tramite satelliti.

L'Università di Firenze ha avuto in carico i servizi di Telemedicina sviluppando una specifica applicazione MEDI, in Java, che forniva un accesso al database di immagini diagnostiche mediche anche per formazione medica a distanza e un tool per la consultazione di esperti a distanza con trasmissione di immagini interattive e con strumenti cooperativi (e.g., condivisione del mouse, indicatori, misuratori di dimensioni etc) per ottenere diagnosi in tempo reale e per pianificare il trattamento. L'applicazione è stata testata presso il centro RAI (Torino) con collegamenti satellitari in collaborazione con l'Ospedale di Careggi (Firenze). La dimostrazione è stata oggetto di un servizio televisivo andato in onda su RAIUNO.

<sup>1</sup> <https://cordis.europa.eu/project/id/AC103/it>

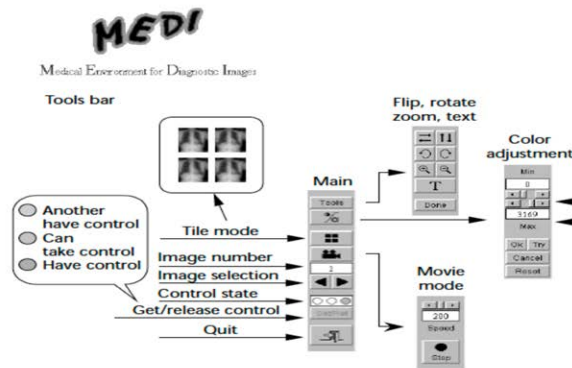


Figura 78 – Medical Environment for Diagnostic Images.

Il progetto GALENOS ha riguardato lo sviluppo e la diffusione di applicazioni interattive di Telemedicina tra Ospedali del bacino mediterraneo con specifica attenzione all'utilizzo di sistemi satellitari per scenari di Telemedicina di Emergenza in caso di disastri ambientali e assistenza medica e teleconsulto alle navi. L'Università di Firenze ha gestito le dimostrazioni di Telemedicina tra gli Ospedali di Careggi (Firenze) e La Charité (Berlino) per consultazioni tele-radiologiche, consultazioni intraoperatorie di Radiologia, formazione a distanza in surgery, applicazioni interattive 3D di telemedicina. Queste dimostrazioni hanno supportato il concetto di Ospedale Virtuale (HV) dove invece di persone che devono venire fisicamente all'ospedale per visite e servizi è l'ospedale virtuale che va da loro ogni volta che ne hanno bisogno.

In conclusione questi progetti hanno dimostrato la possibilità di ottenere supporto da esperti esterni, il miglioramento della precisione delle cure mediche attraverso una vera e propria telepresenza medica, una migliore analisi dei dati disponibili di un paziente anche nel cloud, dove tutto contribuisce a un miglioramento del trattamento e della cura dei pazienti, ossia al 'benessere' della persona come è stato recepito anche successivamente dalla Commissione Europea nel Work Programme 2018-20 Health, demographic change and wellbeing di Horizon 2020. Inoltre la massiccia diffusione di dispositivi 'smart' anche a contatto con il corpo umano, le cosiddette Smart Body Area Networks hanno definito un nuovo mercato di prodotti interoperabili e collegabili via *wireless* non solo per la salute o la medicina ma anche per lo sport, il tempo libero nel nuovo scenario dell'Internet of Things (IoT).



## Il PC fiorentino

Franco Pirri<sup>1</sup>

Il primo microcontrollore integrato commercialmente disponibile fu fabbricato da Intel nel 1971<sup>2</sup>. Tuttavia, fu solo l'introduzione del *chip* 8080 nel 1974, sempre da Intel<sup>3</sup>, che portò ad una fioritura di progetti in tutto il mondo per costruire i cosiddetti 'microcalcolatori'.

Dal 1977 in avanti centinaia di aziende nacquero per produrre 'microcalcolatori'. La maggior parte di queste era localizzata negli USA o in Giappone. Tuttavia, l'Italia ha una posizione tutt'altro che trascurabile, grazie soprattutto alla vecchia Olivetti e, come vedremo più avanti, anche grazie alla General Processor di Firenze, nata anche con il contributo di quello che allora era l'Istituto di Elettronica della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze.

In quegli anni mi occupavo di progettazione digitale e della gestione del minicalcolatore dell'Istituto di Elettronica a Santa Marta. Durante le attività di tutoraggio si instaurò una relazione, evoluta poi in amicizia, con diversi studenti della Facoltà, interessati agli sviluppi delle tecniche di progettazione dei microcalcolatori.

Uno di questi, Gianni Becattini, fondò un'impresa, chiamata Micropi, per la produzione di schede elettroniche a microcontrollore. Tra queste, quella commercializzata con il nome di 'Child8' utilizzava il microcontrollore F8 della Fairchild. Con Gianni collaborarono altri studenti della Facoltà, in particolare Claudio Boarino e Stefano Giusti. Poco dopo Gianni e Stefano fondarono, sempre a Firenze, anche con la mia partecipazione, la General Processor S.r.l. (GP).

<sup>1</sup> Da A. Corvi et al. (a cura di). 2013. *Ingegneri & Ingegneria a Firenze, A quarant'anni dall'istituzione della Facoltà di Ingegneria*. Firenze: Firenze University Press.

<sup>2</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Intel\\_4004](http://en.wikipedia.org/wiki/Intel_4004)

<sup>3</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_Intel\\_microprocessors#Intel\\_400](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Intel_microprocessors#Intel_400)

Il primo prodotto della GP fu il 'ChildZ'. Uno dei primi modelli della linea è riportato nella figura che segue. Il pannello di controllo richiese un'accurata progettazione ergonomica. Il *layout* finale imitava gli interruttori a leva del minicalcolatore della Digital Equipment PDP-8 e permetteva una semplice introduzione del programma direttamente in esadecimale. Nel tempo, al 'ChildZ' vennero collegate e gestite varie periferiche, tra le quali un registratore audio per la registrazione e la riletture dei programmi. In ultimo vennero agganciati un *floppy* da 8" ed una scheda video da 16x64 caratteri.



Figura 79 – Il 'ChildZ' della General Processor di Firenze.

Il 'ChildZ' ebbe un buon successo nel mercato degli sperimentatori e delle piccole società assemblatrici di sistemi elettronici. Tuttavia, il processo produttivo era difficoltoso e non abbastanza economico.

L'esperimento del 'ChildZ' aveva mostrato l'utilità del BASIC su macchine molto piccole. Inoltre, si era ormai sviluppata anche la capacità di controllare periferiche come tastiere, video e memorie *floppy*. In definitiva, per la GP erano maturi i tempi per la progettazione di un elaboratore completo, dotato di tutte le periferiche. Il risultato fu una macchina più facilmente producibile, capace di girare programmi evoluti, supportata dal sistema operativo CP/M della Digital Research.

Per la nuova macchina fu scelto il nome di 'Modello T'. Il nome voleva richiamare la prima auto prodotta in grande serie da Ford, ma era ripreso anche dalla 'T' della televisione, dalla quale copiava alcune tecniche modulari della produzione in serie.

Un problema della GP era costituito dalla mancanza di strumentazione per il *test* dei prototipi ed il collaudo post-produzione. Le tecniche costruttive disponibili sul mercato non erano ben adattabili ad una produzione industriale medio-piccola. Comunque, la costruzione modulare permise di strutturare in modo flessibile la produzione e di effettuare il collaudo delle singole parti con tecniche manuali, sostanzialmente con macchine di *test* autocostruite. Il progetto del 'Modello T', riportato nella figura che segue, fu completato nel marzo del 1979 e la commercializzazione iniziò subito dopo. Nel 1980 veniva prodotto in media un 'Modello T' al giorno. La produzione fu commercializzata con una rete di concessionari regionali sia tra rivenditori di materiale elettronico, che negozi di macchine per ufficio. La maggior parte delle macchine prodotte trovò applicazione nel settore gestionale. I programmi venivano sviluppati in linguaggio BASIC dagli stessi concessionari, che potevano così competere con i produttori di applicazioni su minicomputer con prodotti abbastanza efficaci, ma con costo decisamente inferiore.



Figura 80 – Il ‘Modello T’ della General Processor.

La collaborazione con quello che era l’Istituto di Elettronica, sul progetto *hardware*, la produzione e su alcune parti del *software*, fu essenziale per il successo del prodotto.

Circa un anno dopo, il 12 agosto del 1981, la IBM propose il proprio modello 5150, chiamandolo ‘Personal Computer’ e dando inizio ad una nuova era delle macchine calcolatrici. Molti produttori tentarono di contrastare la diffusione del PC IBM proponendo propri modelli con esso non compatibili. A parte pochissime eccezioni, tutti questi tentativi fallirono miseramente. Il mercato accettava invece macchine compatibili con il PC ed innumerevoli fabbricanti cominciarono a clonare il PC IBM. In particolare, nel 1983 l’Olivetti ebbe un successo commerciale di livello mondiale con il modello ‘M-24’, al quale però non riuscì a dare discendenti altrettanto validi.

General Processor, con la quale la mia collaborazione terminò nel 1981, continuò l’attività con un buon successo fino al 1984 circa.



# I convertitori risonanti, dagli albori alle moderne applicazioni

*Alberto Reatti*

Era l'ottobre del 1988 quando il Prof. Antonino Liberatore, subito dopo la mia laurea mi parlò dell'interesse di una azienda del Valdarno, allora Magnetek S.p.A., divenuta poi Power One, ad approfondire la tematica dei convertitori di potenza a commutazione in grado di funzionare a frequenze più elevate di quelle a cui i dispositivi commerciali lavoravano allora (la frequenza di commutazione non superava i 20 kHz in convertitori di potenza non superiore ai 500 W).

Il motivo per cui si cerca l'incremento delle frequenze di commutazione è la possibilità di ridurre le dimensioni ed i pesi dei componenti reattivi, con particolare riferimento a quelli induttivi. In sostanza, un induttore realizza una determinata reattanza con un valore di induttanza decrescente al crescere della frequenza, ed è il valore dell'induttanza che determina il volume ed il peso del dispositivo fisico da realizzare. Lo stesso dicasi per i condensatori.

In termini tecnici si persegue un incremento della densità di potenza ( $W/cm^3$  o  $W/inch^3$ ).

Una limitazione all'incremento della frequenza di lavoro dei convertitori è costituita dalle perdite di commutazione. Infatti, nei convertitori convenzionali le commutazioni avvengono a valori di tensione e corrente diversi da zero e, quindi, ad ogni commutazione viene dissipata sotto forma di calore una certa quantità di energia come mostrato in Figura 81.

Il primo grafico in alto mostra i valori di potenza istantanea dissipata all'accensione e allo spegnimento. L'area sottesa a queste forme d'onda è l'energia dissipata in ogni singola commutazione, ed è evidente che più elevata è la frequenza e maggiore è l'energia dissipata a causa delle commutazioni: le perdite di commutazione crescono linearmente con la frequenza di commutazione del dispositivo. Aumentando la frequenza di commutazione in un convertitore convenzionale si incorre quindi nel problema di aumentare le perdite del dispositivo, ridurre il rendimento e produrre più calore: ammesso che il rendimento sia accettabile, lo smaltimento del calore in eccesso richiede

Alberto Reatti, University of Florence, Italy, alberto.reatti@unifi.it, 0000-0003-1921-6568

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Alberto Reatti, *I convertitori risonanti, dagli albori alle moderne applicazioni*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.36, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 145-148, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

dei dissipatori le cui dimensioni sono di gran lunga superiori alla riduzione del volume ottenuto nei componenti capacitivi ed induttivi.

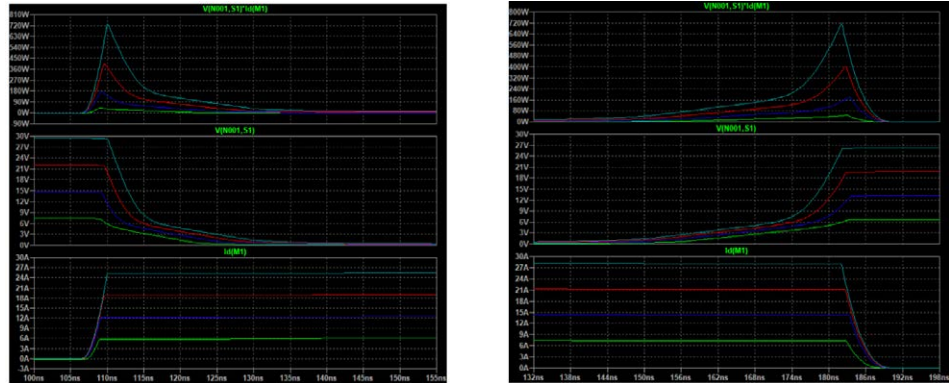


Figura 81 – Figura 1. Forme d'onda della potenza, della tensione e della corrente ai capi di un MOSFET utilizzato come interruttore. (a) All'accensione /Turn-on. (b) Allo spegnimento/ Turn-off.

In sintesi, l'elevata densità di potenza si può conseguire aumentando la frequenza, ma a condizione che non aumentino le perdite.

Ecco che alla fine degli anni '80 si comincia a guardare con un certo interesse ai convertitori risonanti in cui le forme d'onda non sono più 'onde quadre', ma in cui, per mezzo di circuiti risonanti di tipo LC, si ottengono forme d'onda sinusoidali che si prestano a fare in modo che le commutazioni avvengano quando la corrente o la tensione sono nulle, e, quindi, le perdite di accensione, o quelle di spegnimento, o entrambe, si azzerano, eliminando o, quantomeno, diminuendo quella voce di perdite che cresce linearmente con la frequenza di funzionamento.

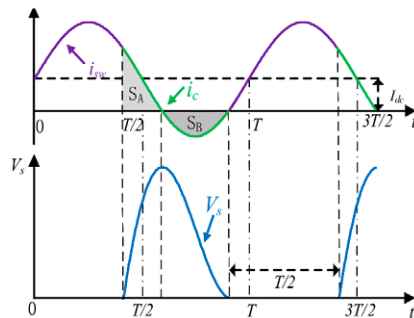


Figura 82 – Forme d'onda della tensione (rosso) e della corrente (verde) ai capi di un MOSFET in un convertitore risonante.

In Figura 82 è mostrato un esempio di forma d'onda di tensione e corrente in un MOSFET utilizzato in un convertitore risonante. All'accensione si nota una corrente che diventa positiva quando la tensione è nulla, mentre allo spegnimento la corrente si azzerata partendo da un valore non nullo ma quando la tensione è nulla e crescente. In questo esempio le perdite di accensione sono azzerate e le perdite di spegnimento drasticamente ridotte.

Una volta ridotte drasticamente le perdite di commutazione, ossia, la componente di perdita prevalente, dipendente dalla frequenza, ecco che il rendimento può mantenersi elevato anche ad elevate frequenze di funzionamento.

L'attività su questo tipo di convertitori fu di grande interesse per Magnetek S.p.A., in particolare nella figura del suo Amministratore Dott. Ing. Antonio Canova, che investì sul tema in termini di contratti di ricerca e co-finanziò un mio soggiorno all'estero presso la Wright State University, Dayton, Ohio, dove, ancora oggi, lavora uno dei maggiori esponenti della ricerca sui convertitori risonanti, il Prof. Marian K. Kazimierczuk. Ricordo che il primo contatto fu via posta cartacea, e a lui chiesi la possibilità di essere ospitato inviando una lettera per posta aerea. Sembra preistoria, ma agli inizi degli anni '90 non avevamo internet e non avevamo accordi di collaborazione a livello internazionale istituzionalizzati.

Sorrido malinconicamente quando penso a come siamo abituati oggi a scambiarsi informazioni in tempo reale, a controllare i flag per vedere se il messaggio inviato è arrivato, se è stato letto e a quel punto smaniamo se non ci arriva una risposta entro pochi minuti. Comunque sia, dopo settimane arrivò nella cassetta delle lettere una busta in carta leggera, con i bordi rossi bianchi e blu, mittente Prof. M. K. Kazimierczuk che dichiarava la sua disponibilità ad accogliermi presso la Wright State University.

Aprire quella busta ha significato aprire un nuovo mondo. Nel 1992, studente di dottorato a Bologna, ebbi un contratto come Associate Researcher per un semestre. Scrisse con il Prof. Kazimierczuk, il mio primo lavoro a rivista su un raddrizzatore risonante in classe E, entrai a far parte con il Prof. Liberatore di diversi Board di Congressi e Riviste, scrissi la tesi sui convertitori risonanti ed una particolare configurazione di questo convertitore fu adottata da Magnetek per realizzare un sistema di accensione per le lampade allo xeno installate sulla lancia K coupé.

I convertitori risonanti hanno delle limitazioni per aspetti legati al numero di componenti, al tipo di controllo che richiedono, alla circolazione di potenza reattiva se non adeguatamente dimensionati ed ottimizzati per adattarsi alle diverse condizioni di carico. Per questi motivi il mondo industriale li ha un po' dimenticati per qualche decennio fino a quando, a partire dagli anni intorno al 2010, si è affacciato nel mondo della ricerca prima, ed in quello industriale poi, il tema della trasmissione senza fili dell'energia elettrica (Wireless Power Transfer) che oggi pervade, ad esempio, il mondo degli smartphone e si estende nel campo della ricarica dei veicoli elettrici.

Ebbene, questi sistemi si basano sull'utilizzo dei convertitori risonanti!

L'investimento degli studi fatti e delle conoscenze acquisite negli anni '90 ha permesso al dipartimento a cui afferisco di avere un vantaggio competitivo sul tema della WPT. Nel 2016, un Dottorato di Ricerca finanziato da Magneti Marelli al DIF, sul tema della WPT, grazie anche alla lungimiranza del Prof. Marco Pierini, è stato svolto presso il DINFO ed ha consentito l'inserimento nell'organico della ricerca del Dott. Ing. Fabio Corti, ora ricercatore presso il DINFO, questo posto, a sua volta, è finanziato da un progetto PNRR, finanziamento ottenuto grazie alla continua collaborazione con il Prof. Pierini.

La ricerca è una grande attività perché gli sforzi fatti portano sempre nuovi insegnamenti.

Grazie alla attenzione del Prof. Liberatore verso il mondo industriale è nata una collaborazione con Magnetek S.p.A. nella quale ho avuto il privilegio di essere coinvolto, l'azienda ha cofinanziato un mio soggiorno all'estero, grazie a questo soggiorno ho stretto rapporti di collaborazione con il Prof. Kazimierczuk e la Wright State University, da una collaborazione interpersonale è nato un accordo di cooperazione scientifica ufficiale fra UNIFI e Wright State University, ancora oggi attivo, che, fra l'altro, ha consentito

ad otto studenti di UNIFI di svolgere il loro tirocinio negli Stati Uniti, lo stesso spirito di collaborazione ha portato alle interazioni con colleghi del DIEF con i risultati detti.

Tutto questo con la consapevolezza che la storia continuerà quando il testimone passerà ai giovani.

# La ricerca operativa a Santa Marta. La mia vita sul colle

*Fabio Schoen*

Quando nacque la Facoltà di Ingegneria a Firenze, la Ricerca Operativa non solo non era presente, ma era sconosciuta alla maggior parte dei docenti e studenti di allora o almeno così immagino. A 50 anni dalla nascita della Facoltà 'Ricerca Operativa' oggi è, diciamo, un brand riconosciuto.

Vorrei raccontarne la storia, non per vantarmi di chissà cosa, ma per ringraziare pubblicamente alcuni fra i tanti che hanno reso possibile lo sviluppo di questa disciplina. La Ricerca Operativa, come tutte le materie interdisciplinari, deve scontare una difficoltà di riconoscimento. Per i matematici siamo troppo applicati, per gli ingegneri siamo troppo matematici. Un mio collega, Bruno Simeone, ci paragonava a quelle popolazioni di confine destinate a essere continuamente bastonate a volte dall'uno a volte dall'altro dei paesi confinanti ed a restare in ogni caso irrilevanti.

Fino ai primi anni '90 non era successo granché (non in generale, mi riferisco alla Ricerca Operativa a Santa Marta!). La mia storia a Santa Marta iniziò con un litigio. Ai tempi ero considerato ancora più irascibile di ora e ricordo perfettamente un pomeriggio in cui, da giovane associato in servizio al corso di laurea in Informatica all'Università degli Studi di Milano, fui convocato dall'allora Direttore di Dipartimento di Informatica, Gianni Degli Antoni. Gianni era un personaggio davvero molto speciale, irascibile più di me, ma con l'indubbio vantaggio di una assoluta genialità ed originalità; questo rendeva a volte più accettabili le sue frequenti ramanzine.

In quel periodo il mio carico didattico era enorme: il corso principale (Ricerca Operativa e Gestione Aziendale) aveva più di 400 studenti frequentanti, il mio secondo corso (Metodi di Ottimizzazione) oltre 200. Gli esami orali duravano settimane e li facevo da solo (questo forse non andrebbe scritto in un documento pubblico...). Bene, durante quel pomeriggio il Direttore mi fece una scenata accusandomi di essere uno scansafatiche che aveva scelto di fare solo didattica piacevole e non di servizio (anni prima in effetti avevo tenuto anche il corso di Probabilità e Statistica). Avrei potuto ribattere o anche solo sopportare, ma una critica sul mio impegno nella didattica mi parve inac-

Fabio Schoen, University of Florence, Italy, [fabio.schoen@unifi.it](mailto:fabio.schoen@unifi.it), 0000-0003-1160-7572

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Fabio Schoen, *La ricerca operativa a Santa Marta. La mia vita sul colle*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.37, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 149-153, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

cettabile. Mezz'ora dopo ero al telefono con l'unico contatto che avevo a Firenze dai tempi del CNR, il professor Pinzani, al quale chiesi se esistessero possibilità per trasferirmi a Firenze. Mi fece un lungo discorso del quale capii abbastanza poco se non che non mi poteva in quel momento promettere nulla. Pace. Però memorizzò la cosa e successe che dopo circa un anno fui contattato dal Direttore di allora, Roberto Genesio, il quale mi spiegò, con la chiarezza e la cortesia che tutti abbiamo imparato ad apprezzare in lui, che una possibilità in effetti si era aperta e che sì, se avessi voluto, avrei potuto far domanda di trasferimento a Firenze. Non potrò mai ringraziare abbastanza il Direttore di Milano per avermi fatto, senza volere, approdare sul colle di Santa Marta!

In quegli anni si stavano riformando gli ordinamenti e la Ricerca Operativa cominciava a fare la sua apparizione in alcuni corsi di laurea. Arrivai così a Firenze all'inizio dell'A.A. 1993/94, con la strada già un po' aperta da Mario Tucci, che si era preso il carico di tenere il corso di Ricerca Operativa nell'attesa del mio arrivo; Mario si studiò il libro che avevo pubblicato per Nuova Italia Scientifica, un testo in cui i miei errori superavano in quantità e qualità le parti esatte...

Iniziosi così la mia avventura solitaria a Santa Marta; solitaria non solo perché ero l'unico professore di Ricerca Operativa a Ingegneria, ma anche perché mi fu assegnato un ufficio nella parte antica e quasi inaccessibile dell'edificio, sopra i matematici. Era una zona deserta, gelida in inverno, riscaldata però da qualche buon caffè bevuto con Pietro Zecca, altro esiliato in quella parte fascinosa dell'edificio.

Da lì fu un crescendo: insegnamenti di Ricerca Operativa vennero inseriti nei piani di studio di Ingegneria Informatica, di Ingegneria Meccanica, di Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio. A un certo punto entrò addirittura a far parte di un curriculum del Corso di Perfezionamento in Management Sanitario. Nacquero i diplomi a Prato e la Ricerca Operativa divenne materia obbligatoria anche lì – tempi eroici quelli di Prato con Susanna Dabizzi e la sua squadra che riuscivano a far funzionare a meraviglia la macchina organizzativa. Nacque anche Ingegneria Gestionale, dove la Ricerca Operativa gioca un ruolo importante; nacque la magistrale a Empoli, con un curioso esperimento logistico fatto di lezioni serali – io salivo in treno a Santa Maria Novella con tutti i miei studenti, arrivavamo assieme ad Empoli per la lezione e poi, tutti assieme, riprendevamo il treno del ritorno... Come esempio di applicazione dell'approccio scientifico al management, forse, si sarebbe potuto immaginare qualcosa di meglio!

Non ricordo quanti corsi io abbia tenuto in parallelo in quegli anni, erano davvero tanti (non c'erano limiti di ore di insegnamento né crediti e i corsi duravano in genere 120 ore l'uno), ma non mi dispiaceva: erano quasi tutti corsi di base, programmazione lineare, ottimizzazione su reti di flusso, ma mi davano grandissima soddisfazione (cosa che succede anche ora): era entusiasmante vedere la passione degli studenti (bè, di alcuni studenti) nello scoprire quali e quanti problemi reali e interessanti possono essere modellati e risolti efficacemente con strumenti relativamente semplici, il cui studio richiede solo qualche base di algebra lineare.

Questa apparente semplicità, unita all'utilità immediata, fu la chiave di un discreto successo presso gli studenti. E questo successo è stato sempre per me fonte di immensa gratificazione. Non solo, ma la quantità di corsi tenuti nel settore, unita al buon livello delle tesi di laurea discusse, fece sì che, a un certo punto, della Ricerca Operativa e della opportunità di rafforzare il settore se ne accorgesse pure la Facoltà.

Quando ebbi sentore che qualcosa si potesse muovere azzardai... Un mio allievo milanese, Marco Locatelli, ricercatore a Torino aveva vinto un concorso da associato. Provai a farlo chiamare in Facoltà. Fallii miseramente... Ricordo una seduta, per me piuttosto drammatica, in cui un collega, che peraltro ho sempre stimato e apprezzato, fece un intervento che affossò le mie speranze; creò anche qualche problema a Torino

dove, presi da troppo efficientismo, avevano già bandito un concorso per rimpiazzare il loro ricercatore destinato a Firenze e si trovarono con un discreto sforamento di bilancio...

La mancata chiamata fu una scelta sicuramente miope (Marco Locatelli è ora uno dei più brillanti e produttivi professori ordinari di Ricerca Operativa, un'autorità riconosciuta a livello internazionale), dettata da considerazioni che ancora oggi non ho compreso. Dopo un po' si cercò di rimediare con l'ipotesi di un posto da ricercatore. Anche qui non fu facile, ma per fortuna il Direttore di Dipartimento era Giacomo Bucci che, sfidando tanti contrari, riuscì a far bandire questo concorso, vinto poi da Paola Cappanera. Paola prese servizio all'inizio del 2004 e con lei arrivarono a Santa Marta l'ottimizzazione discreta, le reti di flusso, le applicazioni in campo sanitario. Finalmente l'ottimizzazione discreta poteva essere insegnata da qualcuno che la conosceva davvero! Non solo Paola ha portato grandi competenze in quel vasto campo di ricerca, ma lo ha fatto anche con una eccellente dedizione alla didattica, che le è valso l'apprezzamento di generazioni di studenti.

Dopo qualche anno venni a sapere che a Matematica avrebbero voluto chiamare come associato Marco Sciandrone, ma poi la cosa non andò in porto; io avevo cercato in tutti i modi di favorire quella chiamata: pensavo, e penso ancora oggi, che un po' di Ricerca Operativa, cioè di quella che Stefano Pallottino chiamava 'matematica utile', avrebbe fatto tanto bene ai matematici! Sfumata quella opportunità, dopo vari miei interventi polemici, un collega del Dini mi scrisse, testuali parole: «ma se ti piace tanto questo Sciandrone, perché non te lo prendi a Ingegneria?». Non ci avevo proprio pensato! E così feci. Era il 2006, poco dopo l'arrivo di Paola. Alcune circostanze giocarono a vantaggio della Ricerca Operativa. Una fu la qualità scientifica del candidato (anche se ho il sospetto che non sia stata poi davvero determinante...); un'altra fu il fatto che, per una legge di allora, questo posto sarebbe arrivato quasi gratuitamente (lo Stato contribuiva con il 95% al budget per queste chiamate); la terza fu che il preside di allora era Franco Angotti, lontano come cultura e interessi dalla Ricerca Operativa, ma sicuramente dotato di una visione strategica, raffinata e lungimirante. E così dal 2006 siamo diventati tre, e con Marco si iniziò a sentir parlare di machine learning, reti neurali, intelligenza artificiale – sì certo, se ne occupava già con tanta passione Giovanni Soda, ma, come dice sempre Marco, gli informatici sanno guidare benissimo questa Formula Uno chiamata Machine Learning, mentre noi ottimizzatori sappiamo come mettere le mani nel motore... Dal 2006, pur essendo sempre tre strutturati, diventammo molti di più: il laboratorio di Ottimizzazione Globale è sempre stato frequentatissimo. Iniziò con la prima dottoranda di ricerca, Bernardetta Addis, ora professoressa a Nancy; arrivò subito dopo Gerardo Poggiali, neo laureato brillantissimo, persona squisita che purtroppo ci lasciò improvvisamente, prestissimo – a lui è dedicato il nostro laboratorio [gol.dinfo.unifi.it](http://gol.dinfo.unifi.it). In sua memoria e con la tristezza nel cuore decidemmo che quel laboratorio sarebbe cresciuto, io lo promisi ai suoi cari. Così è stato: sono passati innumerevoli laureandi e si sono dottorati in tanti: dopo Bernardetta, Paolo Frosini, Andrea Cassioli, Mirko Maischberger, David Di Lorenzo, Tommaso Bianconcini, Federica Picca Nicolino, Luca Bravi, Niccolò Bulgarini, Alessandro Galligari, Francesco Bagattini, Guido Cocchi, Luca Tigli, Giulio Galvan, Leonardo Galli, Tommaso Levato, Enrico Civitelli, Leonardo Di Gangi, Alessio Sortino, Matteo Lapucci, Tommaso Aldinucci, Simone Magistri, Pierluigi Mansueto, Tomaso Trinci, Marco Roma... E altri frequentano il dottorato ora: Arturo Annunziata, Federica Donnini, Saliha Busra Gunduz, Davide Pucci.

Mi piace ricordare iniziative quali il Seminario Permanente di Ottimizzazione, ciclo periodico di seminari sul tema della Ricerca Operativa, il bellissimo evento an-

nuale *A beautiful paper*, in cui alcuni relatori vengono invitati a raccontare un lavoro particolarmente significativo scritto da altri, con il vincolo di non essere co-autore e con la richiesta di riservatezza (il titolo viene svelato solo durante l'intervento); e poi la scuola estiva Optimization, Big Data and Applications, che si è tenuta ogni due anni a Veroli. Idee partorite da Marco Sciandrone, che però da poco ha deciso di tornarsene a Roma, più vicino alla sua famiglia ed al suo luogo del cuore, Veroli. Fortunatamente non ci ha lasciati del tutto soli, ma ha organizzato uno scambio e da un po' di tempo abbiamo fra noi Fabio Tardella, che oltre ad una ricerca molto raffinata ci ha portato in dote anche una profonda conoscenza delle applicazioni dell'ottimizzazione all'economia ed alla finanza.

Il 1 marzo del 2023 è arrivato un nuovo ricercatore, Matteo Lapucci, che sicuramente farà tantissima strada e farà crescere ancora il nostro settore. Era il 2016 quando il mio allora socio di *spin-off* Alessandro Lori mi inviò un'email che diceva «Ciao Fabio, tu conosci questo Matteo Lapucci»? No, non lo conoscevo, ma Alessandro aveva trovato il suo nome sulla rassegna stampa di Confindustria, dove si citava il premio appena ricevuto da Matteo come miglior laureato in Ingegneria dell'anno. Matteo ha poi ottenuto il dottorato, con lode, in Ingegneria dell'Informazione ed ora è (brillantissimo) ricercatore. In questa sua ancora breve carriera ha pubblicato lavori eccellenti e ricevuto altri riconoscimenti. Il più recente: il Best Paper Award 2024 della prestigiosa rivista *Computational Optimization and Applications*, assieme ad un altro brillante dottore di ricerca, Pierluigi Mansueto.

Con una squadra di fuori classe come Paola, Fabio, Matteo, ho capito che dal punto di vista della ricerca il settore Ricerca Operativa sarebbe stato perfettamente in grado di continuare e di essere molto produttivo. La didattica, però, per quanto gratificante, era piuttosto in sofferenza, a causa dei numerosi corsi di base sia nel settore dell'Informazione che in quello Industriale, con molte centinaia di studenti (ed esami). Il mio prossimo pensionamento cominciava a preoccuparmi, soprattutto per il carico di esami che avrei lasciato in eredità. Per una serie di incredibili e fortunate coincidenze, unite al sostegno del Direttore e di tutto il Dipartimento, siamo riusciti a chiamare a Firenze Marianna De Santis, professoressa associata. E anche questo si è rivelato un acquisto eccellente: Marianna è un'ottima ricercatrice, ama la didattica ed ha portato ulteriore energia positiva a tutto il gruppo!

Infine, la terza missione: la Ricerca Operativa è naturalmente didattica; è, ancor più naturalmente, ricerca metodologica. Ma non può esistere e crescere se non mantiene un contatto costante con le applicazioni. E Firenze è stata fondamentale per questo, grazie alla sua dimensione piccola che rende i contatti più facili, e grazie alla Regione Toscana che ha spesso finanziato ricerche e progetti. Sono nate collaborazioni con molti enti ed aziende: alla pagina <https://webgol.dinfo.unifi.it/project-partners/> si trovano i loghi di grandi imprese, microaziende, enti di ricerca, aziende ospedaliere con cui il laboratorio ha collaborato.

Solo per indicare qualche tema, negli anni ci siamo occupati di tanti e diversi progetti: la pianificazione di risorse in sanità, il trasporto ottimizzato di merci, il calendario della Lega Volley, il vehicle routing, la previsione di crisi epilettiche, la scelta ottimale di percorsi urbani, il trasporto di merci sostenibile, la diagnostica automatica di guasti, l'equilibrio di reti di traffico urbano, la logistica intelligente del farmaco, la progettazione di rotte interplanetarie, la visione artificiale a bordo veicolo, la previsione per il mercato dell'energia elettrica, l'object detection, la previsione di vendita nella moda, la gestione ottimizzata di scorte e magazzini, la programmazione dei turni di lavoro in un grande aeroporto, e tanti altri...

Ricordo un intervento in Confindustria Firenze in cui un noto industriale, dopo una mia presentazione, disse che ciò che io avevo presentato era interessante, ma che

lui diffidava di chi si propone come risolutore di troppi problemi così diversi fra loro. Lo si capisce, ma la Ricerca Operativa è esattamente questo: si parte da problemi reali, nati in contesti diversissimi fra loro; con l'aiuto degli esperti, si individuano le variabili, i vincoli, i criteri e si genera un modello che, tramite algoritmi, permette di suggerire decisioni. Queste vengono poi riproposte agli esperti, che tipicamente non le trovano soddisfacenti, e così si generano nuovi vincoli o si modificano gli obiettivi, fino a quando non si arriva a modelli sufficientemente accurati da poter generare buone decisioni, in genere innovative ed efficaci. La Ricerca Operativa è, fin dalle sue origini, lavoro di squadra, multidisciplinare e si applica in campi molto diversi fra loro.

Vorrei anche ricordare un'altra storia di successo, sempre nata sul colle di Santa Marta: la start-up KKT S.r.l., poi confluita in Verizon Connect. Ma di questo parlerò un po' più in dettaglio in un'altra parte di questo volume.

Infine, la diffusione della conoscenza: abbiamo organizzato vari eventi e incontri. Mi piace ricordare il più recente: il convegno ODS2022 tenutosi in viale Morgagni tra agosto e settembre 2022. Un evento scientifico internazionale, con oltre 300 partecipanti, quattro relatori internazionali invitati di altissimo valore scientifico. Un evento che ha funzionato perfettamente, grazie soprattutto al grande impegno di Paola Cappanera, co-chair, di Fabio Tardella, Matteo Lapucci, Filippo Visintin, e di tutti i ragazzi del laboratorio GOL (e non solo del nostro laboratorio: grazie anche a persone squisite come Dasara e Daniele: non so come avremmo potuto fare se non ci fossero stati loro). Questo convegno è stato importante non solo per questi motivi, ma anche perché lo abbiamo fortemente voluto orientato ai temi di equità e sostenibilità (e di questo hanno parlato i relatori invitati); abbiamo coinvolto numerose organizzazioni non a scopo di lucro, per il catering (Zenzero), per la fornitura del kit congressuale (Flo, cooperativa sociale) fino alla bella caccia al tesoro organizzata perfettamente dall'associazione Viviamo In Positivo (clown di corsia).

Siamo arrivati fin qui con entusiasmo. Cosa ci aspetta nel futuro non lo sappiamo, ma ci stiamo attrezzando. Abbiamo fondato altre start-up, creato nuovi corsi, lanciato nuovi progetti, linee di ricerca, collaborazioni. E abbiamo acquistato una certa visibilità anche sul colle di Santa Marta. Questo è un grande risultato, di tutta la squadra e non potrà che produrre buoni effetti, perché la visibilità e la reputazione permettono di attrarre giovani talenti e di contribuire al circolo virtuoso. Come scrisse un giorno mio cognato, Carlo S., il segreto del successo è: *sapere, saper fare, fare, far sapere*.



# Sistemi ecografici di ricerca ad ultrasuoni per diagnostica medica

Piero Tortoli

Il Laboratorio di Progettazione di Sistemi Microelettronici (MSDLab, acronimo derivato dall'inglese) è attivo, fin dalla inaugurazione promossa negli anni '80 dal Prof. Carlo Atzeni, nello sviluppo di sistemi di ricerca ad ultrasuoni per diagnostica medica. Con questa espressione si intendono sistemi ecografici equivalenti a quelli utilizzati comunemente negli studi medici, ma caratterizzati dalla capacità di realizzare funzionalità innovative, non presenti negli ecografi commerciali.

Le prime ricerche furono condotte nel campo dell'ecografia Doppler, mirata, in generale, a misurare la velocità del sangue nelle arterie con lo scopo di rivelare eventuali anomalie pericolose per il paziente. In questo ambito fu sviluppato un primo prototipo basato su dispositivi ad onda acustica superficiale (SAW), ampiamente utilizzati in campo radar per monitorare, ad esempio, le precipitazioni atmosferiche (radar meteorologico). Nel nostro caso, i dispositivi SAW furono sfruttati per misurare, attraverso un'analisi spettrale ultraveloce, le frequenze Doppler prodotte dal movimento del sangue (Figura 83). Fu così possibile realizzare il primo sistema al mondo capace di rivelare in tempo reale, sia pure in modo un po' grossolano, l'intero profilo di velocità del sangue nelle arterie.

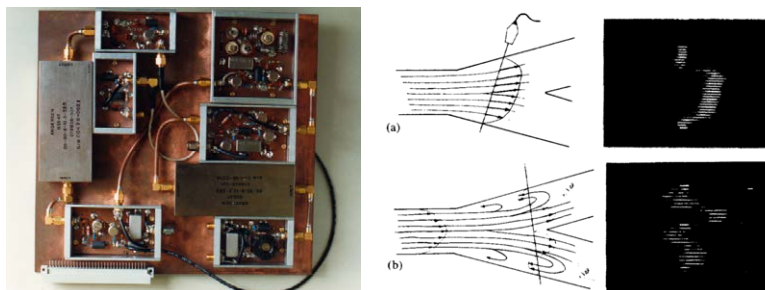


Figura 83 – A sinistra, analizzatore di spettro in tempo reale basato su filtri SAW (nei due contenitori chiusi). A destra, profili di velocità del sangue rivelati in una biforcazione carotidea mediante l'analizzatore SAW (da: TUFFC, 35:5, p.545 551, 1988).

Piero Tortoli, University of Florence, Italy, piero.tortoli@unifi.it, 0000-0002-7984-3128

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Piero Tortoli, *Sistemi ecografici di ricerca ad ultrasuoni per diagnostica medica*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.38, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 155-158, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

Successivamente, i grandi avanzamenti della tecnologia elettronica incoraggiarono lo sviluppo di un sistema Doppler completamente digitale. Grazie al contributo di ricercatori, come gli ingegneri Gabriele e Francesco Guidi, che pur giovanissimi vantavano già una notevole esperienza nei nuovi ambiti dell'elettronica, fu sviluppato uno strumento ecografico all'avanguardia, caratterizzato da notevole sensibilità nella rivelazione dei profili di velocità. Con tale strumento, fu possibile caratterizzare accuratamente il flusso del sangue, evidenziando le differenze tra casi normali e patologici, nelle principali arterie come carotide, femorale, cerebrale e, per la prima volta, nell'aorta. Questo strumento attirò l'attenzione di numerosi laboratori internazionali, e incoraggiò la collaborazione con prestigiose Istituzioni di ricerca a Rotterdam, Varsavia, Lione, Filadelfia. In particolare, nacquero importanti collaborazioni con Erasmus Medical Center, per la caratterizzazione del comportamento acustico degli agenti di contrasto ad ultrasuoni, e con il Prof. Vernon Newhouse della Drexel University, universalmente riconosciuto come uno dei pionieri dell'ecografia Doppler. In questo caso, il nostro ecografo permise la sperimentazione della tecnica cosiddetta 'Doppler trasversale' che dimostrava la possibilità di ottenere informazioni utili anche quando l'arteria risultava perpendicolare alla direzione di propagazione degli ultrasuoni. Addirittura, riuscimmo a dimostrare che il Doppler trasversale poteva essere sfruttato per determinare con accuratezza la direzione del flusso, un primo passo verso il cosiddetto 'Doppler vettoriale'. Veniva così finalmente sfatato il tabù secondo il quale, quando il cosiddetto 'angolo Doppler' era  $90^\circ$ , nessuna informazione di velocità poteva essere ricavata (Figura 84).

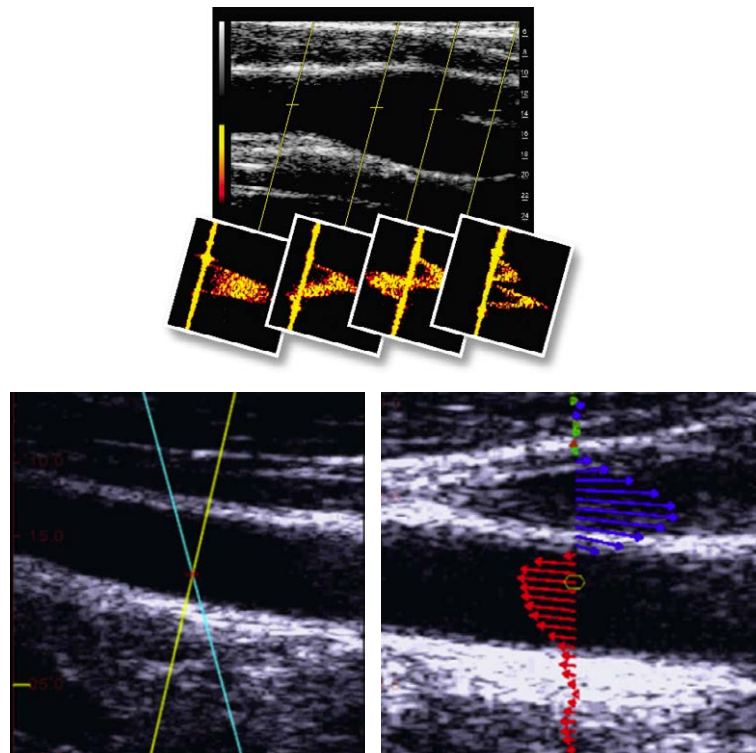


Figura 84 – A sinistra: profili di velocità del sangue nella carotide ottenuti tramite elaborazione ecografica digitale (da TUFFC 56:1, front cover, 2009). L'elaborazione simultanea di 2 linee (al centro) di cui una a  $90^\circ$  rispetto al flusso, consente di ottenere i vettori di velocità (a destra). (Da: UMB 41:5, p. 1354–1362, 2015).

Una caratteristica comune agli ecografi Doppler menzionati è che essi non fornivano alcuna immagine dei tessuti circostanti le arterie. Questa caratteristica risultava un'importante limitazione quando si voleva effettuare una sperimentazione clinica, perché i medici con cui collaboravamo, sia pure di grande valore come i dottori Carlo Palombo, Paolo Pignoli e Daniele Righi, erano abituati ad esaminare i pazienti con l'ausilio di immagini ecografiche 2D tradizionali. Per ovviare a questo problema, avviammo una significativa collaborazione con la Società Esaote, leader europeo nell'ecografia ad ultrasuoni. Esaote ci mise a disposizione uno dei suoi ecografi, dal quale estraevamo gli echi di ritorno che venivano elaborati dalla nostra elettronica. Questa combinazione permetteva finalmente di abbinare le immagini morfologiche dell'ecografo Esaote a quelle emodinamiche ottenute col nostro hardware.

Questo approccio ampliò apprezzabilmente il campo di applicazione clinica delle nostre metodiche e facilitò, ad esempio, lo studio simultaneo dei movimenti del sangue e delle pareti arteriose, evidenziando, attraverso la correlazione tra tali movimenti, la possibilità di diagnosticare precocemente l'aterosclerosi. Tuttavia, l'utilizzo di un apparecchio commerciale limitava sensibilmente la nostra libertà di azione. In particolare, non avevamo modo di intervenire sulla sequenza dei segnali di trasmissione, una sequenza che, opportunamente configurata, può risultare decisiva in molte nuove applicazioni. Per questo motivo, approfittando dell'ingresso in laboratorio di giovani e brillanti ingegneri come Stefano Ricci, Enrico Boni e Alessandro Ramalli, oltre che del valido contributo di numerosi laureandi e dottorandi, decidemmo di tentare l'avventura di sviluppare un ecografo completo, capace di fare indagini sia di Imaging che Doppler, ma 'aperto' ('open scanner') alla possibilità di operare secondo i desideri dell'utente. Così, nel 2008, nacque ULA-OP (acronimo di ULtrasound Advanced Open Platform), oggi unanimemente riconosciuto come il primo open scanner portatile al mondo, e l'unico interamente sviluppato all'interno di una Università. Con ULA-OP potemmo finalmente visualizzare insieme ai profili di velocità la regione in cui essi erano generati e, soprattutto, testare sperimentalmente qualunque nuova modalità di indagine giudicata promettente in base ai risultati delle simulazioni.

Il nuovo ecografo destò l'interesse di molti laboratori attivi nel campo dell'ecografia ad ultrasuoni, i quali, inaspettatamente, ci chiesero di replicarlo per le loro esigenze. Cercammo di rispondere a tutte le richieste con grande entusiasmo, anche perché dietro ogni richiesta s'intravedeva la possibilità di avviare una interessante collaborazione scientifica. Ovviamente fu un periodo molto impegnativo, anche perché un laboratorio di ricerca universitario non è mai attrezzato per una, sia pur piccola, produzione. Questa attività incoraggiò la nascita di X-Phase, *spin-off* dell'Università di Firenze che reclutò alcuni dei più bravi ingegneri scaturiti da MSDLab per produrre sistemi innovativi, quasi sempre ad ultrasuoni. In accordo con la nostra Università, X-Phase avviò in particolare la produzione di ULA-OP, di cui oggi risultano attrezzati più di 30 laboratori in tutto il mondo, Europa, Asia e Nord America compresi.

Lo sviluppo di ULA-OP ha anche rinforzato significativamente la collaborazione con Esaote, che non solo ha accettato che le proprie sonde fossero utilizzate insieme al nostro strumento, ma ha anche deciso di utilizzare ULA-OP, col nostro supporto, per la valutazione di nuove metodiche di loro interesse.

Nel corso degli ultimi anni, MSDLab ha significativamente esteso le capacità dell'ecografo, dando vita alla versione a 256 canali (ULA-OP 256, Figura 85), fortemente orientata ad applicazioni in tempo reale che richiedono alta velocità di operazione. In particolare, il sistema è stato recentemente dimostrato capace di fornire migliaia di immagini al secondo (un *frame rate* decine di volte superiore a quello delle apparecchiature tradizionali), dimostrandosi così idoneo all'impiego, congiunto con sonde

innovative come gli array 'sparsi', anche nel campo della ecografia 3D. Su questi temi sono in corso diverse collaborazioni con Università prestigiose (Lione, Delft, King's College, Waterloo, Colorado) e, oltre a Esaote, società all'avanguardia come STMicroelectronics e Invensense, che favoriranno la crescita del patrimonio scientifico del Laboratorio. Quest'ultimo potrà così valorizzare il proprio ruolo di 'ponte' tra Elettronica e Ultrasuoni, consapevole della necessità di mantenere le caratteristiche di multidisciplinarietà che lo hanno sempre contraddistinto, continuando a prestare la dovuta attenzione ai possibili contributi di Informatica, Fisica, Elaborazione dei segnali, Fisiologia.



Figura 85 – Gli ecografi ULA-OP, a 64 canali, e ULA-OP256, specializzato nell'elaborazione ultraveloce dei segnali ecografici da 256 trasduttori

# Quando la teoria diventa applicazione: dalle matrici di vincoli sulle differenze allo scheduling di un sistema elettromeccanico

*Enrico Vicario*

## Introduzione

Questo contributo riporta dello sviluppo di un algoritmo di schedulazione per un sistema elettromeccanico di analisi immunodiagnostica, nato da una collaborazione tra il Laboratorio di Tecnologie del Software<sup>1</sup> dell'Università di Firenze e la sede produttiva di Ponte a Ema di BioMérieux Italia, negli anni attorno il 2010.

È allo stesso tempo un caso di ricerca e di trasferimento tecnologico, che in qualche misura esemplifica un tratto saliente dell'ingegneria: l'arte di costruire applicazioni su una base scientifica, dove le caratteristiche di un'applicazione a volte offrono l'occasione per un motivato sviluppo teorico e sperimentale.

Il problema: scheduling di attuatori condivisi nell'esecuzione concorrente di molteplici analisi immunoenzimatiche

Un'ampia classe di protocolli di analisi immunenzimatica procede trasformando un campione attraverso il contatto con una sequenza di reagenti biologici, fino a produrre un risultato la cui apparenza visiva rivela la quantità di interesse. È qui particolarmente rilevante che ciascuna reazione ha una durata vincolata tra un minimo e un massimo prescritti dal protocollo.

Nella pratica dei laboratori diagnostici, il protocollo è automatizzato attraverso un sistema elettromeccanico dove (Figura 86): i reagenti sono contenuti nelle provette (tubes) di un blister; il campione viene trasferito da una provetta alla successiva attraverso aspirazioni e iniezioni attuate da un pipettatore movimentato da un motore elet-

<sup>1</sup> Laboratorio di Tecnologie del Software, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze - <https://stlab.dinfo.unifi.it/>

Enrico Vicario, University of Florence, Italy, [enrico.vicario@unifi.it](mailto:enrico.vicario@unifi.it), 0000-0002-4983-4386

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Enrico Vicario, *Quando la teoria diventa applicazione: dalle matrici di vincoli sulle differenze allo scheduling di un sistema elettromeccanico*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.39, in Stefano Sella, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 159-163, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

trico e collegato ad una pompa; e il campione finale viene classificato attraverso una testa di lettura ottica.

L'applicabilità pratica e la competitività industriale di un tale sistema, dipendono in modo cruciale dalla capacità di eseguire in parallelo un elevato numero di analisi, condividendo un unico pipettatore ed una unica testa di lettura, e i molti componenti che stanno dietro di loro.

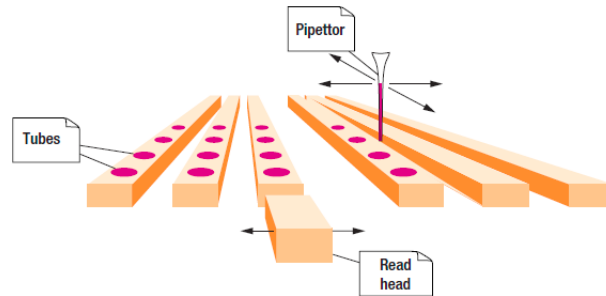


Figura 86 – Un pipettatore e una testa di lettura vengono condivisi nell'esecuzione di più analisi biologiche, ciascuna realizzata sulla sequenza di provette di un blister.

Il problema si trasferisce a questo punto dal livello elettro-meccanico a quello informatico, nella forma di un problema di scheduling: per ciascuna delle analisi eseguite in parallelo, occorre individuare tempo di avvio e tempi di trasferimento fra le celle del blister, in modo tale che tutti i trasferimenti possano essere operati condividendo nel tempo l'uso di un unico pipettatore, nel rispetto dei vincoli di minimo e massimo della durata del soggiorno di ciascun campione in ciascuna cella di reazione. Va da sé che questo sottende un vincolo di mutua esclusione, perché il pipettatore non può essere su due analisi diverse allo stesso tempo (Figura 87).

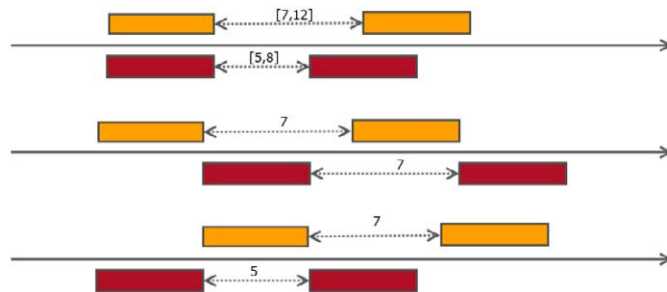


Figura 87 – I vincoli sul tempo di contatto con ciascun reagente identificano un sistema di disequazioni sulle differenze fra i tempi ai quali il pipettatore deve servire il trasferimento fra provette di ciascun blister (qui esemplificato per il caso semplificato di 3 blister con due reagenti ciascuno). Il vincolo di mutua esclusione nell'uso del pipettatore identifica una molteplicità di modi con cui è possibile ordinare le attuazioni (qui esemplificato in due soluzioni, in arancione e in marrone).

Il requisito funzionale è accompagnato da vincoli strutturali: il problema deve potere essere risolto per 32-64 analisi biologiche in parallelo, per protocolli biologici fino a qualche decina di reazioni, anche eterogenei, utilizzando una unità di calcolo costruita su un processore industriale di basso costo, con severe limitazioni di memoria e capacità computazionale (10-20 volte più lento di un processore di consumo,

con soli 32Mbytes di memoria, di cui al più 6 dedicati allo scheduler), tale da potere essere ospitata a bordo del sistema elettromeccanico. E ci sono infine vincoli di qualità<sup>2</sup>, in particolare circa le prestazioni, che in ultimo diventano vincoli di adeguatezza funzionale: tutto questo deve avvenire entro una mezza dozzina di secondi, intesi come limite ergonomico sul tempo che il biologo può pazientare fra il momento in cui ha caricato la macchina e quello in cui riceve il riscontro del suo corretto avvio.

Complessivamente, tutto questo costituisce un nitido caso di esempio del concetto di Cyber-Physical System: un sistema fatto di componenti che rispondono a leggi fisiche, governati da algoritmi implementati in software. È questo uno dei paradigmi di riferimento della ricerca di questi decenni, dove convergono le competenze che sono state connesse nella costituzione del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione<sup>3</sup>: Elettronica, Elettromagnetismo, Telecomunicazioni e Reti di Comunicazione, Misure e Sistemi Elettrici, Automazione e Robotica, Biomedicina, Ottimizzazione, Informatica, Visione Computazionale, Software e Intelligenza Artificiale. Nell'interpretare il termine, può interessare notare che il termine Cyber deriva dal greco antico Kubernetes, il timoniere che guida una nave, e dallo stesso etimo deriva poi il termine governo.

Gli ingredienti della soluzione sviluppata: Difference Bounds Matrices, mantenute in forma normale in una ricerca A\* attraverso Floyd Warshall shortest-path

Non conviene entrare qui nei dettagli tecnici, che sono parzialmente riportati in un articolo di letteratura scientifica (Ridi, Torrini, Vicario 2011), ma ne delineiamo gli ingredienti fondamentali.

L'elemento centrale è l'algebra delle *difference-bound matrices* (DBMs) (Dill 1989), sistemi di disequazioni lineari sulle differenze fra una collezione di variabili. In questo caso le variabili sono i tempi di iniezione nelle celle dei blister in analisi biologica, e le disequazioni formalizzano i vincoli sul tempo di incubazione che il protocollo prescrive per ciascuna reazione.

I metodi di rappresentazione e manipolazione computazionalmente efficiente di DBMs si sono sostanzialmente consolidati negli anni '90, anche con il contributo di questo autore che all'epoca ci lavorava come elemento centrale per la sua tesi di dottorato poi parzialmente riportata in (Bucci, Vicario 2002; Vicario 2002). La fortuna di questa struttura dati deriva dalla capacità di rappresentare in modo inerentemente valido il comportamento di un sistema di componenti con timers che avanzano con la stessa velocità, e la sua applicabilità pratica discende dal fatto di poterla rappresentare e manipolare entro limiti di complessità computazionale e di memoria di ordine cubico o quadratico rispetto al numero delle durate soggette a vincoli. Un dettaglio che ha qui qualche rilevanza è l'esistenza di una forma normale di rappresentazione che può essere calcolata in tempo cubico attraverso l'algoritmo all-shortest-path di Floyd Warshall, con la possibilità di ridurre il tempo all'ordine quadratico quando la normalizzazione è eseguita a caldo dopo una perturbazione parziale dei vincoli (Vicario 2002).

<sup>2</sup> ISO/IEC 25010:2023. Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — System and software quality models. International Organization for Standardization, Geneva.

<sup>3</sup> Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze - <https://www.dinfo.unifi.it/>

Le DBM costituiscono oggi la base per un'ampia varietà di strumenti ampiamente documentati nella letteratura scientifica, quali Uppaal (Bengtsson et al. 1996), Kronos, Romeo, Tina, Oris (Paolieri et al. 2021), finalizzati alla modellazione, la verifica di correttezza e la valutazione di affidabilità e prestazioni di sistemi concorrenti con durate incerte soggetti a vincoli di tempo reale.

Altro ingrediente significativo, sono un paio di algoritmi classici, spesso ricompresi nel bagaglio culturale di un ingegnere informatico: l'algoritmo di ricerca A\* qui usato per avere una euristica efficiente nell'esplorazione dei possibili ordinamenti con cui risolvere il vincolo di mutua esclusione nell'uso del pipettatore sulle diverse analisi; e l'algoritmo all-shortest-path di Floyd Warshall, qui utilizzato per mantenere in una forma canonica i vincoli delle DBM generate nel corso dell'esplorazione.

L'ultimo ingrediente, il software con cui tutta questa teoria di algoritmi è implementata, sviluppato prima in Java a partire da una codebase già disponibile in Laboratorio e poi riportato in c per ragioni di efficienza e riduzione delle dipendenze, cruciale per mettere a punto e valutare l'impatto di un numero di ottimizzazioni algoritmiche emerse nel corso dello sviluppo.

### Risultati e conclusioni

All'avvio del progetto il requisito strutturale di potere calcolare lo schedule su un processore industriale a bordo del sistema elettromeccanico appariva incompatibile con il requisito prestazionale di completare il calcolo entro qualche secondo. Questo anche nel giudizio raccolto nell'ambito industriale di scala internazionale in cui era collocata la collaborazione. E questo in effetti sarebbe stato l'esito se l'ottimizzazione fosse stata realizzata con metodi convenzionali che non facessero leva sulla specializzazione abilitata dal particolare caso.

Fino dalle prime misure raccolte sulla versione del software ancora in sviluppo apparve invece possibile completare il calcolo entro tempi nell'ordine delle centinaia o decine di millisecondi, con una diretta corrispondenza tra misure e previsione teorica della complessità (Ridi, Torrini, Vicario 2011).

La rilevanza del risultato e la sua importanza per lo sviluppo del sistema elettromeccanico in cui è integrato motivarono un brevetto, depositato in Europa, negli Stati Uniti e su scala mondiale, ancora oggi mantenuto da BioMeérieux, per un sistema elettromeccanico che è leader mondiale nel suo ambito e che viene ancora oggi sviluppato e prodotto presso la sede di Ponte a Ema.

Per il Laboratorio di tecnologie del Software, quell'esperienza valse un articolo su una rivista di culto per un softwarista (Ridi, Torrini, Vicario 2011), il riconoscimento di invenzione su un brevetto internazionale per un componente di un sistema in uso (Vicario et al. 2013), e un finanziamento di un certo rilievo per ulteriore ricerca attorno al tool Oris (Paolieri et al. 2021), ancora oggi oggetto e strumento di ricerca scientifica presso il Laboratorio di Tecnologie del SW.

Riflettendoci a posteriori, questo appare come un caso molto fortunato. Di norma, la ricerca scientifica si focalizza su temi di elevata specializzazione, che coprono punti specifici lungo la frontiera della conoscenza e che raggiungono un impatto tangibile attraverso la condivisione su scala internazionale. E invece qui, in modo molto accidentale, avvenne che uno specifico tema di ricerca sviluppato presso un Laboratorio dell'Università di Firenze si potesse attingere allo sviluppo di una soluzione su misura per un problema che poteva trovare impatto applicativo nella capacità industriale dello stesso territorio.

## Riferimenti bibliografici

- Bengtsson, J. et al. 1996. "UPPAAL — a tool suite for automatic verification of real-time systems." *Workshop on Verification and Control of Hybrid Systems III*. Springer.
- Bucci, G. e E. Vicario. 2025. *Computer Technology in 100 cards*. McGrawHill.
- Dill, D. 1989. "Timing assumptions and verification of finite-state concurrent systems." *International Conference on Computer Aided Verification (CAV)*. Springer.
- Paolieri, M., M. Biagi, L. Carnevali e E. Vicario. 2021. "The ORIS tool: quantitative evaluation of non-Markovian systems." *IEEE Transactions on Software Engineering* 47: 1211-25.
- Ridi, L., J. Torrini e E. Vicario. 2011. "Developing a scheduler with difference-bound matrices and the Floyd-Warshall algorithm." *IEEE Software* 29: 76-83.
- Vicario, E. 2002. "Static analysis and dynamic steering of time-dependent systems." *IEEE Transactions on Software Engineering* 21: 728-48.
- Vicario, E., L. Ridi, J. Torrini e A. Carignano. 2013. *Job scheduler for electromechanical system for biological analysis*. Brevetto WO 2013098088 A1, EP20110196275.



PARTE II

Tra gli *spin-off* del DINFO



# Gli *spin-off* del DINFO

Fabio Schoen

Gli *spin-off* rappresentano un eccellente strumento di valorizzazione dei risultati della ricerca delle Università e di trasferimento al mondo industriale, tramite la realizzazione di nuove attività imprenditoriali, a carattere innovativo, fondate su un solido background di ricerca sviluppato in ambito accademico, ma sviluppate con il sostegno dell'Ateneo nell'ambito delle attività di Terza Missione.

Il DINFO promuove l'imprenditorialità, sostenendo la creazione di spin off, favorendo il contatto tra le strutture di ricerca universitarie, il mondo produttivo e le istituzioni del territorio, con effetti positivi sulla produzione industriale e il benessere sociale.

Da alcuni anni tutte le Università si sono aperte verso la Terza Missione, favorendo la formazione e stimolando la nascita di attività imprenditoriali di carattere innovativo. L'Ateneo fiorentino, grazie alle attività svolte presso l'Incubatore Universitario Fiorentino (IUF) e sostenute dal Centro Servizi di Ateneo per la Valorizzazione della Ricerca e la gestione dell'Incubatore (CsaVRI), ha notevolmente investito in questa attività attraverso il supporto alle nuove imprese, la formazione sui temi dell'imprenditorialità, l'offerta di servizi logistici e tecnologici, la diffusione dell'informazione presso i Corsi di Laurea. In un settore come quello dell'Ingegneria dell'Informazione, per sua natura sempre a contatto con le frontiere più avanzate del mondo della ricerca e dell'innovazione tecnologica, è stato molto importante osservare come, negli anni, l'atteggiamento degli studenti prossimi alla laurea è passato da quello di chi sta cercando «dove posso andare a lavorare» a quello di chi cerca «quale lavoro posso creare». Naturalmente, come per tutte le imprese, ma, in misura ancor maggiore, per quelle fortemente innovative, il rischio d'impresa è altissimo ed il successo relativamente raro. Ma in ogni caso la strada intrapresa porta inevitabilmente alla crescita individuale e ad un accumulo di esperienze spendibili nel futuro.

Gli *spin-off* ufficialmente riconosciuti attualmente attivi, nati dalle iniziative del DINFO sono brevemente riportati nelle pagine seguenti. I dati sono ripresi dal sito dell'Università di Firenze, dal sito del DINFO (consultati il 27 febbraio 2023) e, ove

Fabio Schoen, University of Florence, Italy, fabio.schoen@unifi.it, 0000-0003-1160-7572

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Fabio Schoen, *Gli spin-off del DINFO*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.41, in Stefano Sellari, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 167-176, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

possibile, integrati con i dati pubblicati sui siti dei singoli *spin-off*; in alcuni casi gli imprenditori stessi hanno fornito un contributo che abbiamo riportato in queste pagine. Oltre a quelle qui riportate esistono moltissime altre realtà imprenditoriali nate dal DINFO ma che qui non vengono riportate o perché non hanno scelto il percorso di riconoscimento come *spin-off* dell'Ateneo, o perché il loro percorso di riconoscimento, al momento della stesura di questo volume, non era ancora concluso.

#### Ecodrone S.r.l.

Anno costituzione: 2019  
Codice attività (ATECO): 62.01  
Settore di riferimento: Ambiente ed energia, meccatronica, navalmecanica e cantieristica navale.  
Iscritta nel registro delle start-up innovative dal 2020  
Dipartimento di provenienza: Dipartimento di Ingegneria Industriale (DIEF)

Soci: Marco Montagni, Andrea Bertini, Eleonora Dall'Ara, Enrico Boni, Luca Pugi

Sede legale: viale Italia 190, La Spezia (SP), Italy – 19126  
Info@ecodroneitaly.com  
www.ecodroneitaly.com/

Startup innovativa dedicata alla produzione di droni marini autonomi modulari per il monitoraggio ambientale e la salvaguardia delle coste. Offre un servizio di raccolta dati real-time con droni a zero impatto ambientale. I droni possono svolgere una vasta gamma di missioni, dal monitoraggio ambientale alla batimetria, dal pattugliamento delle coste alla salvaguardia dei bagnanti fino alla mappatura acustica.

Fornisce soluzioni ad aziende ed enti pubblici o privati che abbiano la necessità di acquisire in modo automatico dati relativi allo stato delle acque e dei fondali, includendo non solo dati fisici, chimici e meteorologici, ma anche aspetti relativi alla biodiversità degli ambienti osservati.

Ecodrone ha legami diretti con il mondo della ricerca ed è stato riconosciuto come *spin-off* dell'Università di Firenze. Inoltre ha ricevuto un investimento da parte della Sustainable Ocean Alliance (SOA) dopo aver partecipato al loro percorso di accelerazione presso la sede di San Francisco.

#### Jaewa S.r.l.

Anno costituzione: 2013  
Codice attività (ATECO): 62.01.00  
Settore di riferimento: Sviluppo Software  
Dipartimento di provenienza: Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DINFO)

Soci: Valeriano Sandrucci, Jacopo Torrini, Enrico Vicario, Tommaso Fabbri, Cristian Lastrucci, Andrea Magnelli, Simone Mattolini, Lorenzo Niccolai

Sede legale: via Madonna del Piano, 6 – 50019 Sesto Fiorentino (FI) (Incubatore Unifi)  
055 4574668  
info@jaewa.com  
www.jaewa.com

Jaewa S.r.l. è una società a responsabilità limitata, *spin-off* accademico nato nel luglio 2013 con l'obiettivo di trasferire e valorizzare le competenze sviluppate all'interno del Laboratorio di Tecnologie del Software della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze del Prof. Enrico Vicario.

L'azienda nasce dall'idea dei suoi soci fondatori, Valeriano e Jacopo, di tradurre in realtà imprenditoriale il patrimonio di conoscenze acquisito in ambito universitario, dando vita a una realtà innovativa e dinamica. Grazie al solido background accademico e a un costante impegno nella ricerca e sviluppo, Jaewa si propone come partner strategico di medie e grandi imprese, proponendo un approccio metodico e basato sull'ingegneria del software nella realizzazione di soluzioni software complesse, traducendo il rigore metodologico e teorico in soluzioni operative concrete ed efficienti per le imprese.

Nei suoi primi anni di attività, i soci fondatori hanno seguito un percorso di incubazione presso l'Incubatore Universitario Fiorentino, un'esperienza che ha permesso loro di accedere a percorsi di formazione imprenditoriale e di affinare le competenze necessarie per affrontare le sfide del mercato. Questo percorso ha anche favorito la creazione di una rete di contatti strategici, gettando le basi per una crescita sostenibile e autonoma nel tempo.

Sin dalla sua fondazione Jaewa si dedica alla progettazione e allo sviluppo di architetture software complesse, con particolare attenzione alle applicazioni enterprise, alle soluzioni di cooperazione applicativa e ai sistemi informativi avanzati. Il modello operativo dell'azienda si basa sulla combinazione tra rigore accademico e flessibilità operativa, garantendo soluzioni tecnologiche innovative e su misura per contesti dinamici e in continua evoluzione.

L'azienda mantiene un forte legame con il mondo accademico e la comunità scientifica, come dimostrano le numerose collaborazioni con università ed enti di ricerca. Jaewa accoglie regolarmente studenti per stage e tirocini, supporta lo sviluppo di tesi di laurea in ambito aziendale e partecipa attivamente a corsi e programmi di formazione. Inoltre, è coinvolta in progetti di ricerca europei in collaborazione con altre aziende e istituzioni, contribuendo all'avanzamento delle tecnologie emergenti e alla diffusione della conoscenza scientifica.

Jaewa opera in diversi settori strategici, nei quali ha sviluppato competenze specifiche e consolidato partnership di rilievo quali:

- il settore bancario e assicurativo: Jaewa collabora con istituti finanziari di primaria importanza, offrendo soluzioni tecnologiche avanzate per l'ottimizzazione dei processi, la sicurezza dei dati e l'efficienza operativa;
- il settore medico e biomedicale: L'azienda è attivamente impegnata nello sviluppo di tecnologie all'avanguardia per il settore sanitario, contribuendo a migliorare l'efficienza delle strutture mediche e a supportare aziende biomediche nell'innovazione dei loro servizi;
- le energie rinnovabili e sostenibilità: Jaewa collabora con aziende leader nel settore energetico, sviluppando soluzioni digitali per favorire la transizione ecologica, ottimizzare l'efficienza dei processi produttivi e ridurre le emissioni di gas serra.

Grazie all'esperienza maturata in questi settori, Jaewa ha consolidato relazioni di fiducia con clienti di medio-grandi dimensioni, garantendo risultati di eccellenza e offrendo soluzioni innovative in grado di rispondere alle sfide tecnologiche più complesse.

L'azienda continua il suo percorso di crescita con una visione orientata al futuro, investendo nell'espansione delle proprie competenze e nell'adozione di tecnologie all'avanguardia. La strategia di sviluppo di Jaewa si basa sull'innovazione continua e sull'ampliamento del proprio team con professionisti altamente qualificati, con l'o-

biiettivo di rispondere in modo efficace alla crescente domanda di soluzioni tecnologiche avanzate.

Con un approccio proattivo e una costante attenzione alle evoluzioni del mercato, Jaewa si pone come partner strategico per le imprese che desiderano affrontare la trasformazione digitale con strumenti affidabili, performanti e orientati al futuro.

#### PowerEmp S.r.l.

Anno costituzione: 2021

Codice attività (ATECO): 72.19.09

Settore di riferimento: Energetico/Industriale

Iscritta nel registro delle start-up innovative dal 2021

Dipartimento di provenienza: Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DINFO)

Soci: Alessandro Bartolini, Alessandro Todeschini, Fabio Corti, Francesco Ermini, Libero Paolucci.

Sede legale: viale Spartaco Lavagnini 18 – Firenze

+39 333 399 5035

info@poweremp.it

www.poweremp.it

L'azienda si occupa della progettazione e realizzazione di sistemi di misura di Power Quality delle reti elettriche per diagnosi di guasti ed anomalie sulle reti e la generazione automatica di reportistica. I sistemi sfruttano una tecnologia brevettata che permette

- rilevazione guasti e malfunzionamenti sugli impianti elettrici;
- studi di efficientamento energetico;
- diagnostica predittiva per impianti elettrici e sistemi connessi alla rete.

L'azienda consapevolizza e guida il cliente verso soluzioni di efficientamento energetico e monitoraggio dei propri impianti. Le prime applicazioni effettuate in ambito industriale indicano che la scarsa qualità dell'energia utilizzata comporta maggiori costi pari a circa il 4% del fatturato dell'azienda. Per ogni kWh risparmiato si riducono le emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera di 491 g.

#### Small Pixels S.r.l.

Anno costituzione: 2020

Codice attività (ATECO): 62.01.00 – produzione di software non connesso all'edizione

Settore di riferimento: IT – Software

Iscritta nel registro delle start-up innovative dal 2020

Dipartimento di provenienza: Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DINFO)

Soci: Marco Bertini, Alberto Del Bimbo, Leonardo Galteri, Lorenzo Seidenari, Tiberio Uricchio, Vertis Società di gestione del risparmio S.p.A.

Sede legale: Studio Cerchierini – viale dei Mille, 60 – 50131 Firenze

info@small-pixels.com

www.small-pixels.com

Small Pixels si occupa di intelligenza artificiale e deep learning per l'analisi di immagini e video. I suoi fondatori sono docenti del Centro di Eccellenza Media Integration and Communication Center (MICC) dell'Università di Firenze.

Small Pixels ha messo a punto un algoritmo innovativo che consente di aumentare la compressione dei dati e di diminuire così i costi di trasmissione dei video, senza alterare la qualità della percezione dell'utente. Il servizio può essere integrato nei video player di servizi di streaming e sistemi di videoconferenza. Lo *spin-off* offre inoltre consulenza sull'applicazione dell'intelligenza artificiale all'elaborazione automatica di immagini e video nell'ambito della sorveglianza e dell'automazione.

Small Pixels è risultata prima classificata all'evento *Manager Italia, Are you the next change maker 2019* e seconda classificata alla *StartCup Toscana 2019* nonché finalista al *Premio Nazionale Innovazione (Top 4 Startup) 2019*; *best demo* ricevuto alla conferenza *ACM Multimedia 2019* e ha ottenuto una borsa della ricerca *Huawei Award 2020*.

#### SNAP4 S.r.l.

Anno costituzione: 2018

Codice attività (ATECO): 62.00

Settore di riferimento: Industriale

Iscritta nel registro delle start-up innovative dal 2018

Dipartimento di provenienza: Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DINFO)

Soci: Paolo Nesi, Pierfrancesco Bellini, Nicola Mitolo, Gianni Pantaleo, Claudio Badii, Stefano Bilotta

Sede legale: via Madonna del Piano, 6 – 50019 Sesto Fiorentino (FI) (Incubatore Unifi)

347 6530884

info@snap4.eu

www.snap4.eu

SNAP4 S.r.l. nasce a fine 2018 come spin off dell'Università di Firenze e start up innovativa e offre soluzioni di Digital Twin per sistemi di supporto alle decisioni sostenibili e Business Intelligence in ambito smart city e Industria 4.0.

Le soluzioni offerte da SNAP4 derivano dalle competenze acquisite dai soci nel contesto della competizione internazionale di Pre Commercial Procurement (PCP) Select4Cities indetto nel 2017 dalle città di Helsinki, Copenaghen e Anversa in cui l'Università di Firenze con il DISIT Lab del DINFO insieme a SNAP4 come partner di progetto hanno sviluppato una piattaforma IOT/IOE open source per consentire la co-creazione, il test e la convalida su larga scala di applicazioni e servizi IoE urbani. La soluzione è risultata la vincitrice del bando PCP competitivo e nei successivi anni è stata ulteriormente ampliata e migliorata.

Utilizzando la tecnologia open source Snap4City ed altri componenti open, SNAP4 supporta città, organizzazioni e industrie sviluppando soluzioni che sfruttano una tecnologia che integra modelli smart di visualizzazione Big Data Analytic, tecnologie di intelligenza artificiale (machine learning e deep learning, e XAI), un modello ontologico avanzato (Km4City), una soluzione integrata basata su MicroServizi per la programmazione visuale di processi smart.

In questi anni SNAP4 ha stretto collaborazioni con importanti player nazionali e internazionali quali: ALTAIR Chimica, ITALMATIC, Gruppo Pretto, ITALFER, ENEL X, ASM Merano, città di Cuneo, ACS, UNISYSTEMS, IDT Global, CN MOST, LUTECH, UNIFI, e altri.

I principali e più recenti risultati raggiunti da SNAP4 riguardano le seguenti soluzioni:

- **SMART LIGHT MANAGEMENT:** sistema di gestione intelligente della luce per il monitoraggio e il controllo dell'illuminazione pubblica, indirizzando migliaia di lampade controllate. La soluzione è distribuita su un cloud privato, e sfruttando la rete LoRaWAN esistente. La soluzione realizzata da SNAP4 permette la programmazione dei profili di dimerizzazione e gestione del sistema di illuminazione intelligente in modalità unicast e multicast, il monitoraggio dello stato e gestione degli errori, incluso anche il monitoraggio degli armadi che alimentano le lampade. Inoltre, il sistema è progettato per la gestione intelligente dell'illuminazione adattiva in base alle condizioni del traffico (TAI, Traffic Adaptive Installation). Attraverso alcune dashboard l'operatore può monitorare e gestire tutte le lampade e le aree di rete e la qualità dei servizi. Le dashboard semplificano le modalità di gestione del servizio, inclusi profili e modalità TAI per le diverse zone nelle aree.
- **SMART ICT ASSET MANAGEMENT:** Nel corso degli anni, i comuni e le pubbliche amministrazioni hanno implementato vari servizi digitali e infrastrutture ICT, ad esempio, le infrastrutture di rete urbane, telecamere di videosorveglianza, sensori di traffico, varchi ZTL, servizi IoT di varia tipologia, ecc. Una gestione efficace delle risorse urbane è fondamentale per lo sviluppo e la sostenibilità delle moderne città intelligenti. La soluzione avanzata di Asset Management sviluppata da SNAP4 fornisce una piattaforma potente, scalabile e flessibile per garantire l'efficiente funzionamento, monitoraggio e manutenzione delle risorse cittadine. Per migliorare la gestione di tali servizi e infrastrutture, è necessario monitorarne lo stato tramite una soluzione centralizzata, consentendo anche ai cittadini di consultare le informazioni di pubblica utilità raccolte da questi sistemi. A tal fine, SNAP4 ha sviluppato una soluzione per aggregare i diversi dati provenienti dall'infrastruttura ICT per produrre e distribuire pannelli di controllo (dashboard) ad uso degli operatori pubblici e dei decisori, fornendo in questo modo uno strumento di supporto alle decisioni e alle azioni.
- **eSHARE IN A SNAP:** applicazione powered by Snap4Tech sviluppata da SNAP4 che consente la gestione combinata di un innovativo servizio di car sharing e carpooling. La soluzione è composta da una parte operatore (che facilita la gestione delle prenotazioni e delle corse assegnate ai veicoli, con le eventuali soste per il cambio del guidatore, la salita e discesa dei passeggeri), e da una applicazione mobile (per Android e iOS) ad uso dell'utente finale per la gestione delle fasi di prenotazione, sblocco e blocco dei veicoli e di guida.
- **GENOTILAB:** soluzione per la gestione automatica delle notifiche e delle negoziazioni in base ai risultati delle analisi di laboratorio per il controllo della qualità dei prodotti industriali. L'applicazione è ad uso dei decisori e degli attori coinvolti nell'intera catena del valore. Il processo di gestione delle notifiche invia automaticamente le possibili azioni da prendere e le relative scelte lasciando spazio alla negoziazione tra i diversi attori coinvolti. Le notifiche vengono inviate tramite bot Telegram che viene utilizzato anche per raccogliere decisioni e feedback. Per l'operatore di laboratorio le attività di notifica sono accessibili tramite un'interfaccia web, consentendo al responsabile di controllare l'evoluzione della singola notifica nel tempo e quindi implementare le decisioni.

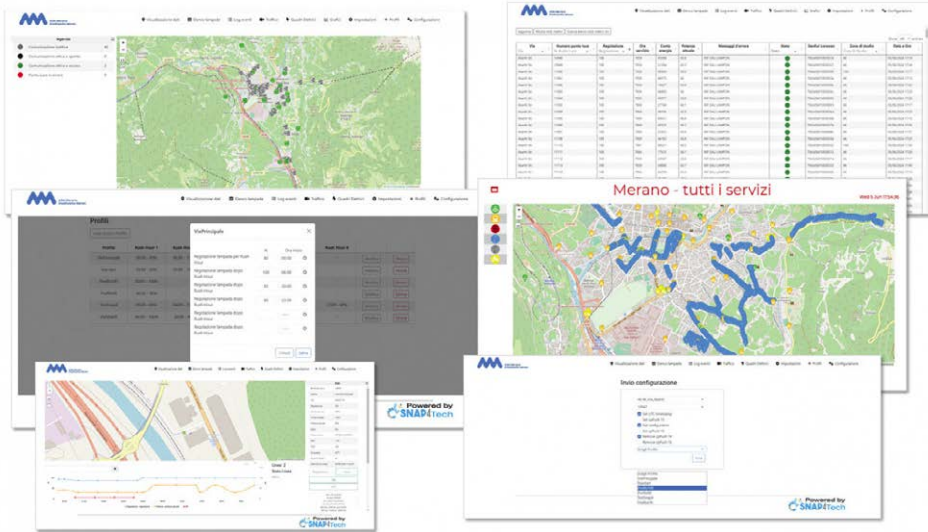


Figura 88 – Smart Light Management.

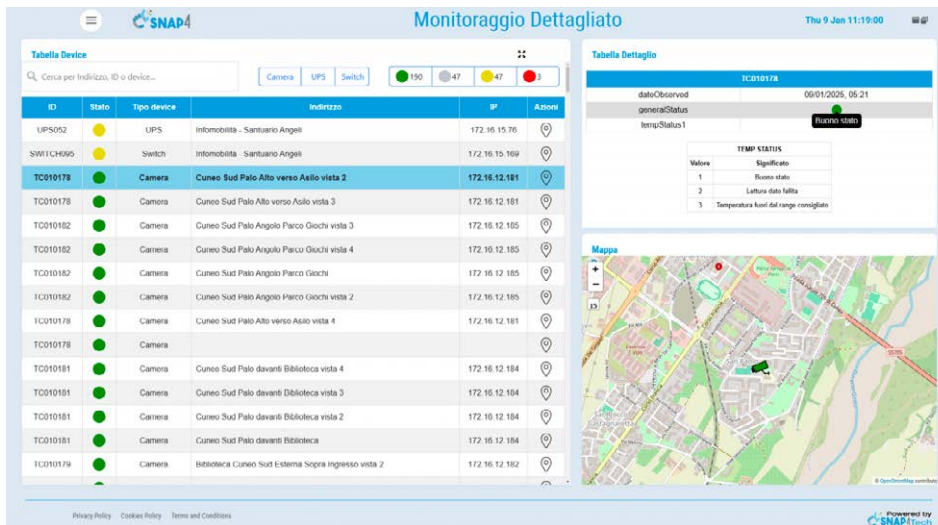


Figura 89 – Smart Asset Management.

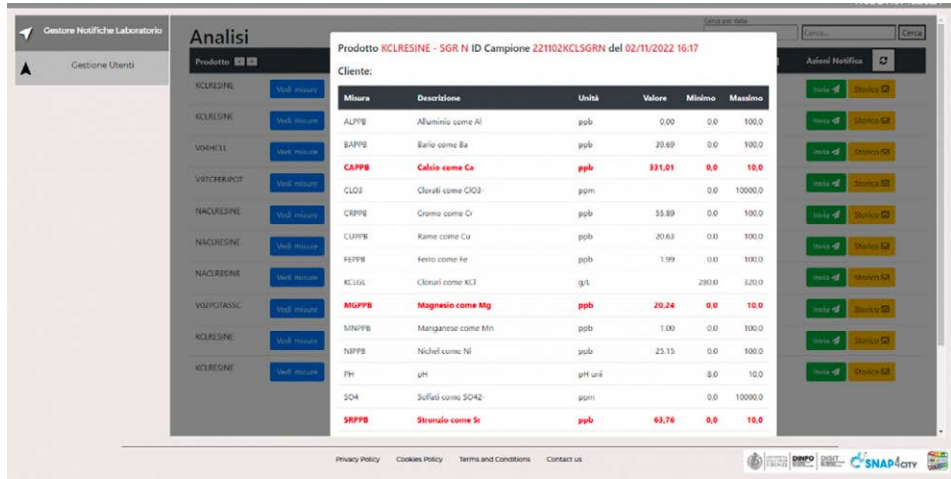


Figura 90 – Gestione notifiche di laboratorio per l’analisi della qualità.

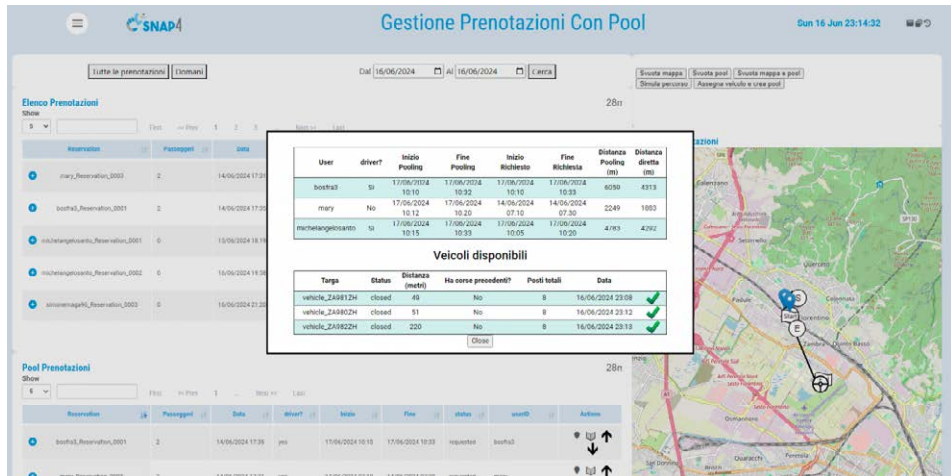


Figura 91 – eShare in a Snap, vista operatore.

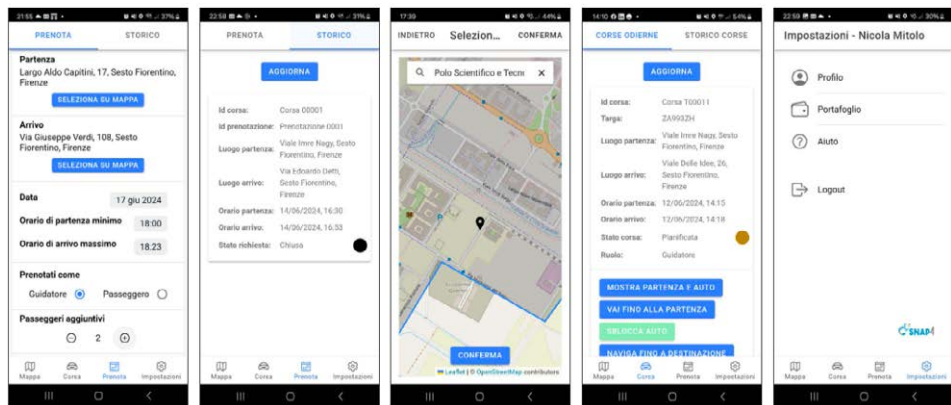


Figura 92 – eShare in a Snap, applicazione utente finale.

**Wedge Engineering S.r.l.**

*Spin-off* accademico

Anno costituzione: 2022

Codice attività (ATECO): 62.01.00

Settore di riferimento: Ingegneria del Software, Progettazione e sviluppo di applicazioni

Iscritta nel registro delle start-up innovative dal 2022

Dipartimento di provenienza: Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DINFO)

Soci: Boris Brizzi, Jacopo Parri, Samuele Sampietro, Enrico Vicario

Sede legale: via Madonna del Piano, 6 – 50019 Sesto Fiorentino (FI) (Incubatore Unifi)

info@wedge.S.r.l.

www.wedge.S.r.l.

Nei primi mesi del 2022, a partire da un'idea del Prof. Enrico Vicario e degli assegni Dott. Boris Brizzi, Ing. Jacopo Parri e Ing. Samuele Sampietro, nasce WEDGE ENGINEERING, start-up innovativa e *spin-off* approvato dell'Università di Firenze.

Gli intenti fondativi di questa nuova realtà consistono principalmente nel proporsi come vettore di innovazione tecnologica per le realtà industriali del panorama produttivo regionale e nazionale, facendo leva sull'esperienza e le competenze ingegneristiche e professionali maturate in ambito accademico sui temi di software engineering, model-driven engineering, digital twins e metodologie di sviluppo software, al fine di favorire il trasferimento tecnologico e la valorizzazione dei risultati della ricerca consolidati all'interno del Laboratorio di Tecnologie del Software (STLab) presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DINFO).

Le attività dello *spin-off*, che dal 2023 ha sede operativa presso l'Incubatore Universitario Fiorentino (IUF) a Sesto Fiorentino (FI), si collocano nel settore dell'Ingegneria Informatica e, più nel dettaglio, nel campo di consulenza, progettazione e sviluppo di architetture e sistemi software di livello enterprise.

La costituzione dello *spin-off* è stata possibile anche grazie al rilevante contributo offerto dal Centro Servizi di Ateneo per la Valorizzazione della Ricerca e la gestione dell'Incubatore (CsaVRI), concretizzato sia attraverso un percorso formativo di pre-incubazione sia attraverso attività di accompagnamento e mentoring, che hanno permesso di validare l'idea imprenditoriale e di arrivare ad una formulazione matura del modello di business della start-up.

WEDGE ENGINEERING nei suoi primi anni di attività ha consolidato il proprio team, andando a selezionare i propri collaboratori tra le eccellenze originate dai percorsi di Laurea di Ingegneria Informatica dell'Università di Firenze, valorizzando inoltre i rapporti professionali ed umani instaurati nel periodo di collaborazione diretta con il laboratorio STLab.

Correntemente, WEDGE ENGINEERING ha ampliato la propria rete di contatti e portfolio clienti intessendo rapporti sinergici di collaborazione con PMI e start-up del territorio, con cui prosegue nelle attività di consulenza ad alto impatto innovativo e tecnologico, declinando il proprio lavoro secondo i paradigmi di microservizi, intelligenza artificiale, integrazioni software e smart digitalization sostenibile.

**X-Phase S.r.l.**

*Spin-off* accademico

Anno costituzione: 2012

Codice attività (ATECO): 26.51.29

Settore di riferimento: Strumenti elettronici

Dipartimento di provenienza: Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DINFO)

Soci: Luca Bassi, Enrico Boni, Andrea Cellai, Piero Tortoli

Sede legale: via Madonna del Piano, 6 – 50019 Sesto Fiorentino (FI) (Incubatore Unifi)

055 4574677

info@x-phase.it

www.x-phase.it

X-Phase S.r.l. è una start-up attiva dal 2012, che ha ottenuto nel 2013 il riconoscimento dello status di *spin-off*, e oggi include una decina di dipendenti. Le competenze dei fondatori traggono origine dal Laboratorio di Progettazione Sistemi Microelettronici (MSDLab) presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DINFO), e sono collocate nel settore della progettazione elettronica avanzata. X-Phase è in grado di fornire ai propri clienti soluzioni ritagliate per le loro particolari esigenze, attraverso lo sviluppo di sistemi elettronici anche di elevata complessità. In particolare, l'azienda è specializzata nella realizzazione di strumenti di indagine ad ultrasuoni, con applicazione nei settori della diagnostica medica e del controllo non distruttivo dei materiali. In questo ambito, X-Phase vanta la collaborazione con importanti Società nazionali e internazionali e la partecipazione a Progetti della Regione Toscana e della Comunità Europea.

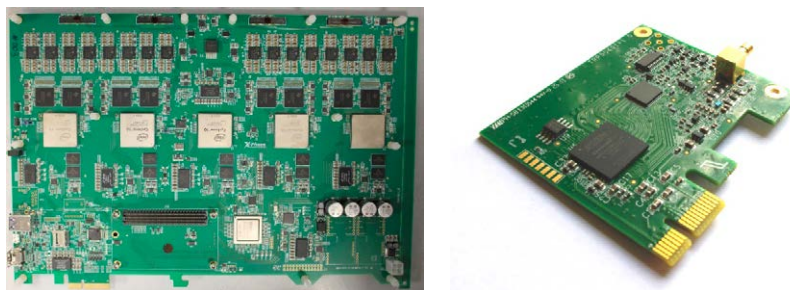


Figure 93 – Esempi di schede elettroniche sviluppate da X-Phase per ecografia diagnostica ad ultrasuoni su pazienti (a sinistra) e per controlli non distruttivi su materiali metallici (a destra), ad esempio, per controllo saldature.

## Alcune testimonianze del passato KKT: storia di una start-up di successo

Fabio Schoen

Mi ha fatto un grandissimo piacere ricevere l'invito a raccontare questa storia, nata sul colle di Santa Marta (e nella piana di Sesto). In queste righe non vorrei solo spiegare come è nata e come è cresciuta la nostra impresa, ma anche, se possibile, dare qualche consiglio a chi decide di lanciare uno *spin-off* e spera di vederlo crescere.

Da docente di Ricerca Operativa mi sono sempre interessato, oltre che degli aspetti teorici e algoritmici, anche ai risvolti applicativi: le applicazioni forniscono il senso alle ricerche nel nostro campo e generano stimoli interessanti per ulteriori studi teorici e ricerche metodologiche. Per anni mi sono occupato di applicazioni, assieme a laureandi e dottorandi, ma sempre da professore: abbiamo partecipato a progetti, studiato problemi derivanti da convenzioni conto terzi, ci siamo 'sporcati le mani' con i dati del mondo reale... tutto questo è rimasto sempre un esercizio accademico, al termine del quale abbiamo fornito qualche utile spunto e mostrato le possibilità applicative di certe metodologie. Devo però essere sincero – non penso di aver mai risolto un problema realmente rilevante. Si pensa spesso di avere le chiavi per risolvere i problemi dell'umanità, capita però che queste chiavi restino in tasca e non aprano porte veramente importanti. Con questo non voglio certo sminuire il ruolo di noi docenti universitari. Ciò che intendo dire è che noi contribuiamo a forgiare queste chiavi che poi passiamo ai nostri giovani allievi: sono loro che, proseguendo nel loro percorso di crescita personale, apriranno strade fortemente innovative.

Con una certa sorpresa nel 2011 ricevetti la visita di due 'miei' dottorandi, di ritorno da un periodo di studio l'uno in California, l'altro in Canada. Ci chiesero di fondare una start-up dedicata alla Ricerca Operativa. Sulle prime dissi loro che era un'ottima iniziativa, e li incoraggiai a tentare quella strada; senza di me però – io facevo un altro mestiere. Loro insistettero, fino a convincermi a partecipare all'impresa. Nacque così KKT S.r.l.: come nel caso della Ricerca Operativa, anche questo nome ha una visibilità pari a zero: non dice nulla alla maggior parte delle persone. Nonostante questo, ci creò qualche difficoltà, dato che una volta costituiti scoprimmo che il dominio kkt.

Fabio Schoen, University of Florence, Italy, fabio.schoen@unifi.it, 0000-0003-1160-7572

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Fabio Schoen, *Alcune testimonianze del passato KKT: storia di una start-up di successo*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.42, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 177-181, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

com era già occupato da un certo *Karpa Kombact Team*, un'associazione di pescatori... Da qui il mio

Primo consiglio per gli start-upper: *non andate dal notaio a registrare la vostra società se prima non avete acquistato un buon indirizzo web.*

Il nome KKT nasce da un famoso (per noi) teorema sulle condizioni di ottimalità: ci piaceva pensare che il nostro obiettivo sarebbe stato quello di lavorare in 'condizioni di ottimalità'. Di quel nome oscuro ai più a me piace ricordare anche altro: per anni, quel teorema venne indicato come Teorema di Kuhn-Tucker, dal nome di due famosi ricercatori del settore. Recentemente si è scoperto che in realtà tutto quanto era già stato scoperto da uno studente, Karush, che presentò i risultati nella sua tesi di laurea. Da allora la K di Karush venne aggiunta al nome del teorema, e a me è sempre piaciuto pensare che in quel teorema il ruolo degli studenti fu fondamentale, come immaginavo sarebbe successo anche nella nostra start-up.

KKT è stata tra le prime start-up innovative a sbarcare all'Incubatore Universitario Fiorentino al Polo di Sesto (se non si considera quella del pastore che quotidianamente portava lì il suo gregge). Quando ci presentammo all'Incubatore trovammo un bellissimo edificio in mezzo al nulla, completamente deserto e con le erbacce che crescevano incontrollate. La prima tentazione fu di tornare al calduccio del nostro Laboratorio di Ottimizzazione Globale al DINFO, a Santa Marta. Poi però cambiammo idea, ci sentimmo dei pionieri ed entrammo all'Incubatore con determinazione e voglia di costruire. Fu una scelta eccellente.

E qui il mio

Secondo consiglio per gli start-upper: *un'azienda non è un laboratorio universitario. Fatela nascere e sviluppare in un altro posto, con risorse e spazi propri, evitando ambiguità di obiettivi, proprietà intellettuale e risorse.*

Cominciarono così i corsi di formazione, alcuni bellissimi. Io ne frequentai pochi dato che il mio ruolo non era operativo, ma non posso dimenticare l'entusiasmo della nostra 'Pitch Trainer', Valentina Maltagliati. L'Incubatore ci diede moltissimo, non ultimo il supporto di uno staff di ottimo livello e un ambiente creativo, a contatto con altre start-up arrivate nel frattempo. Una fra tutte: la D-Orbit di Luca Rossetini, personaggio davvero fuori dal comune da cui abbiamo imparato tanto. Ci furono certamente difficoltà (tra cui la scoperta dell'impossibilità di usare la rete GARR per scopi commerciali), ma il clima che si respirava in quegli uffici era davvero fantastico.

Ma cosa pensavamo di fare come impresa? Iniziammo con un modello consulenziale: siamo 'risolutori di problemi', andiamo in giro a cercare problemi da risolvere – un approccio faticoso e dispendioso. Solo a titolo di esempio, svilupparammo, dietro stimolo di un'azienda e senza alcuna retribuzione, un software per l'ottimizzazione delle miscele di rottami per la produzione di alluminio. Dimostrammo, dati alla mano, di poter ridurre di oltre il 20% le spese per l'acquisto dei rottami, mantenendo inalterata, se non addirittura superiore, la qualità della lega metallica prodotta. L'applicazione non venne mai acquistata: il suo utilizzo avrebbe comportato una riorganizzazione dei giganteschi magazzini dell'azienda e la resistenza al cambiamento ebbe la meglio sull'efficienza dimostrata. A questi faticosi e dispendiosi insuccessi si aggiunse una complicazione: di tre soci che eravamo, uno presto ci lasciò, trasferendosi all'estero con tutta la famiglia. Considerando che un altro socio, il sottoscritto, era decisamente poco utile e sicuramente non operativo, la situazione non era delle più brillanti. Di so-

ci operativi ne rimaneva uno soltanto, Alessandro Lori, che però credeva fortemente in KKT e cominciò a ‘studiare da manager’. Aveva già un dottorato di ricerca in Ingegneria, ma scelse comunque di andare a capire come funziona un’impresa, anziché innamorarsi (come me) degli algoritmi.

Terzo consiglio per gli start-upper: *non pensiate che il fatto di essere i numeri uno al mondo per un certo problema farà cadere il mondo ai vostri piedi o farà innamorare il mondo delle vostre soluzioni.*

È necessario essere i numeri uno nella scienza e nella tecnologia. Ma non è sufficiente – anzi, l’eccellenza scientifico-tecnologica rappresenta forse solo il 10% di quel che serve per fare impresa. Occorre capacità manageriale, occorre marketing, occorrono venditori, occorre visione... E occorre saper capire quando è il momento di virare ed esplorare direzioni non previste inizialmente.

Con KKT cambiammo il nostro modello di business, dalla consulenza allo sviluppo di prodotto. Alessandro ci portò verso la creazione di routist.com, uno strumento software di pianificazione ottimizzata di rotte per flotte di veicoli commerciali in modalità SaaS (Software as a service). Oggi SaaS è un termine noto, allora era una rarità. Non esisteva nemmeno il concetto di ‘app’, ora dato per scontato. Entrare in un mercato considerato maturo, quello della logistica distributiva, dominato da colossi internazionali produttori di software estremamente complessi e costosi, che richiedevano formazione e personalizzazione, fu una scommessa. Ci proponemmo con un prodotto in cui la complessità restava nascosta dietro le quinte, facile da usare, senza necessità di installazione, con un modello d’uso basato su una sottoscrizione mensile a basso costo. Il giorno dopo l’uscita online arrivarono i primi clienti dal Sud America e dalla Nuova Zelanda. Fu entusiasmante vedere davvero cosa fosse un’impresa ‘globale’. Dopo pochissimo tempo ci incuriosì un utente che provava il nostro software per cercare il giro più breve tra tutti i pub di Dublino. Si trattava di Peter Mitchell, CEO di Fleetmatics, una ‘start-up’ con circa mille dipendenti quotata alla Borsa di New York e specializzata in strumenti per l’intelligenza a bordo veicolo. Da mesi Peter faceva ricerche su Google usando come parole chiave ‘vehicle’, ‘routing’ e ‘SaaS’, e un giorno all’improvviso apparve il link al nostro sito, ancora di colore blu, quello dei link ancora mai cliccati. Peter venne a trovarci quasi subito e rimase stupefatto nel vedere che la nostra azienda era fatta da sole quattro persone: Alessandro Lori, David Di Lorenzo, Marco Gualtieri e Tommaso Bianconcini – tutti usciti dal Laboratorio di Ottimizzazione Globale del DINFO. In breve tempo Fleetmatics entrò al 100% in KKT, anche grazie al sostegno del nostro Rettore di allora, Alberto Tesi. Fleetmatics impresso quell’accelerazione senza la quale nessuna start-up sopravvive a lungo. KKT crebbe, aumentarono gli spazi all’Incubatore e nacquero nuove applicazioni. Avvenne poi il secondo salto: Fleetmatics venne acquisita da Verizon, colosso americano delle telecomunicazioni. Così, quella che era KKT S.r.l. divenne Verizon Connect Italia. Varie decine di dipendenti, un importantissimo giro d’affari, la leadership nel campo della visione artificiale a bordo dei veicoli commerciali, un’intensa attività di ricerca e brevettazione e uno strettissimo legame con Santa Marta, con assunzioni, tirocini, dottorati industriali, convenzioni di ricerca, e con Alessandro Lori, diventato nel frattempo CTO di Verizon Connect. Forse tutto questo non sarebbe successo senza altri ingredienti fondamentali, che ci portano agli

Ultimi consigli agli start-upper:

- *circondatevi delle migliori persone disponibili. Non abbiate mai paura di assumere chi è molto più bravo di voi;*

- *guardate sempre avanti, al di là di quel che funziona oggi.*  
Se Alessandro avesse insistito solo su routist.com forse la storia sarebbe andata molto diversamente. Ad un certo punto capì, ad esempio, che il deep learning avrebbe portato l'azienda a un livello nuovo. E, vincendo un po' di resistenze interne, portò l'azienda ad investire nella visione artificiale. Quindi:
- *non abbiate paura di virare ed imboccare strade nuove!*

Un ultimo consiglio, da professore:

- *se avete davvero a cuore il successo del vostro spin-off, cercate di avere a bordo meno professori possibili e, se proprio ne volete qualcuno, metteteli a far pubbliche relazioni.* Io non ho fatto nemmeno questo...

Non che non ritenga i miei colleghi in grado di fare grandi cose, ma una start-up è un'altra faccenda: è giovane, creativa, deve innovare in un modo diverso da quello della ricerca, deve essere agile, non deve infilarsi nel solco tracciato da noi docenti, il suo mestiere è un altro.

A dimostrazione del fatto che predico bene ma razzolo male, confesso che una volta uscito da KKT, di start-up ne ho poi fondata un'altra, sempre con Alessandro e con un gruppetto di dottorandi: Intuendi.com. Ma di questa parleremo in un'altra occasione...

Dalla rassegna stampa del gennaio 2012.



**Corriere Fiorentino** 21/01/12

**Innovazione** Crescite nell'incubatore dell'ateneo, presentate le aziende «spin-off» di ex studenti. «Così valorizziamo la ricerca»

### Cinque laureati pronti all'impresa, grazie all'Università

È la ricerca, bellezza. Che continua a qualificare (anche economicamente) l'Università di Firenze, tra riconoscimenti per i progetti effettuati (che consentono un incremento di 2 milioni sul Fondo previsto dal Ministero) e soddisfazioni per quelli trasformati in aziende.

Senza ai i progetti di impresa ospitati nel primo anno di attività dell'Incubatore universitario fiorentino (Iu), che all'interno del Polo Scientifico di Sesto Fiorentino fornisce servizi di formazione, consulenza e supporto logistico ai progetti di ricerca che aspirano a diventare imprese. In cinque hanno già tagliato il traguardo, ottenendo così la certificazione di imprese che sviluppano prodotti e servizi basati su ricerche fatte in ateneo (che per alcune di queste partecipa al capitale sociale, con quote dal 5 al 15%) «sugliati frutto di un'ampia rete di contributi e collaborazioni interne ed esterne, ad esempio il finanziamento della Regione Toscana all'avvio della pre-incubazione di Iu1 (600 mila euro, ndr)» spiega il prorettore al trasferimento tecnologico

Manro Bellandi, sottolineando la missione, ovvero «la valorizzazione della ricerca che consente di proporli sul mercato con progetti d'innovazione che diano lavoro ai nostri brillanti laureati». E di fatto sono tutti ex studenti dell'Ateneo fiorentino i magnifici cinque che ieri hanno presentato la propria impresa, due di queste sono donne: Giulia Biagi (27 anni) di «Vitalmo», spin off che sviluppa sistemi informativi per i vari processi di valutazione; Serena Filorzi (38 anni) di «Di.V.A.L. Toscana», che opera nel settore della ricerca e dello sviluppo del farmaco, è rientrata dalla Silicon Valley

Alessandro Lori, trentenne ingegnere informatico che con due suoi colleghi ha ideato «Keto», impresa all'avanguardia nella produzione di software per aziende (come Iliac e Cares) volti a ottimizzare i processi di gestione del personale. Sono in a lavorare a «Bigno» con Lorenzo Turchi, 24 anni, nel settore della termo-fluidodinamica di sistemi di conversione energetica, per trasmettere strumenti e specializzazioni, in genere legate all'aeronautica, anche a piccole e

medie imprese. «Insieme» — presentata da Gianluca Forticelli, 25 anni ed il più anziano nel gruppo di lavoro — applica lo sviluppo delle tecniche di ultrasuoni alla realizzazione di strumenti di misurazione dei flussi sempre più accurati, come distributori di benzina o acquedotti.

E per l'Ateneo in prima linea nel processo di trasferimento tecnologico (a terza missione) voluta dal rettore Tesi) una grande sorpresa: il fondo di finanziamento ordinario 2011 per l'Università di Firenze è di 277,6 milioni, al di più rispetto a quanto preventivato nel bilancio.

Rispetto alla media delle riduzioni della quota (5,7%), quella per l'Ateneo fiorentino è stata tra le più contenute (4,3%), grosso merito va ai risultati ottenuti dalla ricerca. Nell'ateneo che sbocchia anche altre imprese.

**Gietano Cervone**

**Successi e sorprese**  
Due milioni in più nel fondo ordinario  
E dal ministero tagli ridotti  
Grazie alla ricerca

**Il rettore**  
Alberto Tesi.  
L'ateneo ha avuto più fondi da Roma

Figure 94 – Articolo del Corriere fiorentino del 21 gennaio 2012.

01/02/2012

**Hi-tech. Lo scorso anno nell'incubatore toscano sono nate cinque aziende**

# L'ateneo fiorentino sforna nuovi spin-off per il mercato

Altri 11 progetti sono in rampa di lancio per diventare imprese

**FIRENZE**  
**Paolo Vaselli**

Cinque nuovi spin off ovvero le imprese che evolvono e commercializzano prodotti e servizi basati su ricerche nate in sede accademica sono il risultato dell'attività svolta nell'ultimo anno dall'incubatore universitario fiorentino (Iuf) del polo di Sesto Fiorentino, che fornisce servizi di formazione, consulenza e supporto logistico ai progetti di ricerca che aspirano a diventare nuove imprese.

«Nel 2011 infatti ha ospitato 11 progetti di impresa in pre-incubazione - fa sapere il direttore Marco Bellandi. - Questi sono provenienti in prevalenza dalle aree tecnologiche, scientifiche e biomediche, ma con qualche proposta anche dall'area umanistica e delle scienze sociali. Cinque si sono già costituiti in imprese, altri 11 hanno prospettive di prossima costituzione. Abbiamo poi da qualche mese altri 14 progetti che potranno portare a nuove imprese dal secondo semestre del 2012».

Il primo spin off si chiama Kkt, «il progetto Kkt ha lo scopo di fornire consulenze e prodotti software tecnologicamente avanzati in grado di migliorare le decisioni di aziende ed enti. Tipiche applicazioni sono l'ottimizzazione di processo, la telematica del personale, la logistica, i trasporti, la business intelligence/business analytics,

Il data mining, l'organizzazione di flottes», spiega il suo presentatore Alessandro Lori. Che continua: «Kkt nasce dal gruppo di ricerca operativa dell'Università di Firenze, che da anni si occupa di modelli e metodi di ottimizzazione. Il gruppo collabora e ha un laboratorio con aziende ed enti tra cui Ataf, Azienda Ospedaliera Careggi, Gucsa, Ilca, Kmc, Maior, Rogtime Tronca, Sirel Financiering, Tef Almariva».

Nasce nel settore dell'ingegneria dei trasporti, industriale ed energetico, invece, il secondo spin off, Krkon Research, presentato da Lorenzo Turchi. La finalità, sottolinea Turchi, è «fornire, sia alla piccola e media impresa sia alla grande industria, servizi di consulenza e ricerca dedicati e altamente innovativi nel settore della termo-fluidodinamica di sistemi di conversione energetica. Lo spin off sviluppa, infatti, tecnologia per l'alta temperatura, sia nel campo dei trasporti, che in quello aeronautico e nel settore energetico. Il progetto conclude Turchi è nato dall'esperienza maturata negli ultimi 10 anni nei principali progetti di ricerca - a partire dal V Programma quadro dell'Unione Europea - nel settore delle turbine a gas (terrestri e motori aeronautici) da parte del Dipartimento di Energetica».

Giuliano Torricelli presenta il Imason, del quale è presentatore. «Imason applica lo sviluppo delle tecniche ad ultrasuoni alla realizzazione di strumenti di misurazione sempre più accurati per lo studio di flussi di vario genere. I settori produttivi sono quelli del trattamento delle acque, dei condotti sifonati per la conduzione di energia termica, dell'industria alimentare, dell'industria farmaceutica, dell'industria petrolchimica e della produzione dell'energia elettrica in tutte le sue varianti, dalle fonti rinnovabili all'energia nucleare».

Dalval è invece l'acronimo che sta per Drug Validation Laboratory. Presentato da Serena Fillozzi, questo spin off si inserisce nel settore della ricerca e dello sviluppo del farmaco, seguendo tutti i passaggi procedurali affinché il farmaco possa essere immesso sul mercato. «Si occupa, infatti», afferma la diretta interessata di valutare l'efficacia terapeutica che la potenziale tossicità di composti destinati a diventare farmaci, fornendo, dunque, la validazione pre-clinica. Dalval, Toscana pub fornisce, come ulteriore servizio, la formazione di personale qualificato per quelle imprese che intendano effettuare in proprio i test preliminari per lo sviluppo di composti clinici».

Quinto e ultimo spin off, presentato da Giulia Biagi, è Valmon. Come spiega Biagi, Valmon «si occupa di sviluppare, produrre e commercializzare sistemi informatici analitici di supporto alla valutazione e al monitoraggio delle politiche del gruppo di ricerca accademica e più in generale dei servizi pubblici. Lo spin off nasce dall'esperienza del gruppo di ricerca d'ateneo per la valutazione e il monitoraggio delle politiche e dei servizi, costituito nel 1997, composto da docenti di ricerca e docenti del Dipartimento di Statistica dell'Università di Firenze».

Edizione 4 pag. 11

UNIVERSITÀ DI FIRENZE

01/02/2012

**IL CASO**

## Dall'incubatore della Piana a Wall Street la start up acquisita da Fleetmatics

DALLA Silicon Piana qualcosa si muove. All'incubatore dell'Università di Firenze è decollata una start up. Da crisalide acquisito dalla Fleetmatics, company irlandese leader mondiale nella gestione sul web di flotte di veicoli e risorse sul territorio. Il colosso di Dublino, quotato a Wall Street, aveva messo gli occhi sulla start up fiorentina a ottobre scorso. Il team diretto da Alessandro Lori, 32enne ingegnere informatico cresciuto a Santa Marta, ha fatto colpo sulla multinazionale grazie a Routist.com, una app online capace di far risparmiare le aziende impegnate nelle consegne ottimizzando tempi e percorsi delle flotte di veicoli. «Dopo la presentazione alla Smau di Milano, abbiamo ricevuto l'offerta». I tre ingegneri fiorentini, tutti trentenni, oltre al prezzo di acquisizione, sono stati assunti a tempo indeterminato.

**In campo.** Al centro il direttore Bellandi con i 5 nuovi imprenditori

**21** I progetti della Kkt messi in campo dall'incubatore nel corso dello scorso anno

**14** Le imprese della Ataf che per l'anno in corso il progetto intensifica l'attività dell'ateneo

Figure 95 – Articolo del Sole 24 Ore del 01/02/2012.

**IL CASO**

## Dall'incubatore della Piana a Wall Street la start up acquisita da Fleetmatics

DALLA Silicon Piana qualcosa si muove. All'incubatore dell'Università di Firenze è decollata una start up. Da crisalide acquisito dalla Fleetmatics, company irlandese leader mondiale nella gestione sul web di flotte di veicoli e risorse sul territorio. Il colosso di Dublino, quotato a Wall Street, aveva messo gli occhi sulla start up fiorentina a ottobre scorso. Il team diretto da Alessandro Lori, 32enne ingegnere informatico cresciuto a Santa Marta, ha fatto colpo sulla multinazionale grazie a Routist.com, una app online capace di far risparmiare le aziende impegnate nelle consegne ottimizzando tempi e percorsi delle flotte di veicoli. «Dopo la presentazione alla Smau di Milano, abbiamo ricevuto l'offerta». I tre ingegneri fiorentini, tutti trentenni, oltre al prezzo di acquisizione, sono stati assunti a tempo indeterminato.

Figure 96 – Ulteriore articolo di giornale sulla start-up KKT.



## Memorabilia

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

*Memorabilia*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.43, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 183-222, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE  
**DINFO**  
DIPARTIMENTO DI  
INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

In questa parte sono raccolti ricordi e testimonianze di ex studenti della Facoltà, poi Scuola, di Ingegneria di Firenze che, su invito, hanno accettato volentieri di condividere la loro storia di studenti e la loro carriera professionale con i lettori.

I testi, personali, e in ordine alfabetico per autore, sono ovviamente diversi per tono e lunghezza.

Testimoniaza di un ex studente

*Elson Agastra*

Elson Agastra è laureato in Ingegneria Elettronica e ha conseguito il Dottorato di Ricerca internazionale in RF, microonde ed elettromagnetismo presso l'Università di Firenze. Dal 2012 è docente presso l'Università Politecnica di Tirana, dove dal 2022 è professore ordinario, con attività di ricerca e insegnamento nell'area delle antenne e delle applicazioni elettromagnetiche.

Nell'autunno del 2001 arrivai diciannovenne a Firenze, affascinato da una città splendida nel cuore della Toscana. Mi iscrissi a Ingegneria Elettronica e fin dai primi mesi incontrai figure che segnarono profondamente il mio percorso. Ricordo con gratitudine il professor Umberto Tiberio, docente di Geometria e Algebra Lineare al primo anno: la sua bontà e la sua umanità mi fecero sentire incluso e compreso, nonostante le difficoltà linguistiche e culturali che vivevo come studente straniero. Fu un esempio prezioso di come l'insegnamento non sia solo trasmissione di conoscenze, ma anche accoglienza e attenzione alla persona. Questo senso di inclusione si rafforzò anno dopo anno grazie a tutti i docenti, al personale tecnico-amministrativo del Dipartimento e anche a quello della segreteria studenti.

Fondamentale fu anche il professor Massimiliano Pieraccini, capace di trasmettere entusiasmo e conoscenza, così come i professori Carlo Atzeni e Piero Tortoli, insieme al tecnico Francesco Guidi, che con il laboratorio didattico 'Ex-Forno' mi offrirono un prezioso legame tra teoria e pratica. Senza dimenticare tutti i docenti, i tecnici di laboratorio e lo staff amministrativo, il cui ruolo è stato essenziale non solo nella mia formazione ingegneristica ma anche in quella umana.

Dal secondo anno, con il corso di Fondamenti di Elettromagnetismo, tenuto prima dal professor Angelo Freni e successivamente dal professor Stefano Selleri, scelsi di dedicarmi all'elettromagnetismo e alla radiofrequenza, un ambito che avrebbe segnato tutta la mia carriera. L'incontro con il professor Giuseppe Pelosi mi aprì le porte del laboratorio di Elettromagnetismo Numerico, dove sviluppai la tesi triennale e presen-

tai i miei primi lavori a convegni internazionali. Proseguì poi con la laurea specialistica nello stesso spirito di formazione e ricerca. Quei mesi intensi mi fecero apprezzare un ambiente unico: scientificamente rigoroso e al tempo stesso umano e amichevole, che ancora oggi ricordo con nostalgia e cerco di ricreare nella mia attività accademica.

Il percorso proseguì con il dottorato internazionale in RF, Microonde ed Elettromagnetismo, sotto la guida dei professori Pelosi e Selleri, che conclusi nel 2012. Quell'anno decisi di tornare in Albania, il mio Paese d'origine, per proseguire l'esperienza accademica nata a Firenze. Dal 2012 sono docente presso l'Università Politecnica di Tirana e dal 2022 Professore Ordinario, insegnando gli stessi argomenti che hanno trovato le loro radici a Santa Marta e portando avanti attività di ricerca nell'area delle applicazioni elettromagnetiche.

Se ripenso al mio percorso, so che senza l'incontro iniziale con il professor Selleri, senza la guida illuminata del professor Pelosi, senza la vicinanza umana del professor Tiberio e senza l'ispirazione ricevuta dai professori Pieraccini, Atzeni e Tortoli, i miei anni a Firenze sarebbero stati molto diversi. A loro va la mia gratitudine, così come a tutti i docenti, i tecnici di laboratorio e il personale amministrativo, il cui contributo silenzioso ma fondamentale ha reso speciale la mia formazione.

Gli anni trascorsi a Santa Marta mi hanno donato molto più delle sole conoscenze tecniche: mi hanno insegnato a non arrendermi di fronte alle difficoltà, a coltivare la curiosità e a condividere la fatica e le soddisfazioni con compagni e docenti straordinari, ricevendo supporto e sostegno incondizionati. Celebrare i cinquant'anni del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione significa, inizialmente Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni, significa per me celebrare il luogo dove ho costruito le fondamenta della mia identità professionale e personale.

#### Una vita per gli ultrasuoni

*Fabio Andreuccetti*

Fabio Andreuccetti è attualmente Program Manager del reparto US di Esaote, azienda leader nel mercato europeo nella progettazione e distribuzione di dispositivi medici per la diagnostica ecografica, in cui ha precedentemente ricoperto ruoli di responsabilità in progettazione, gestione del progetto, coordinamento di gruppi di ricerca e sviluppo.

Fin da ragazzo sono stato affascinato dal microcosmo che si nasconde dentro un apparecchio elettronico, preso dalla curiosità di capire come fosse possibile che una radio facesse sentire la sua voce o una televisione riproducesse immagini e filmati.

Gli anni dell'adolescenza li ho trascorsi per lo più nel garage sotto casa, a montare, collaudare e poi smontare di nuovo circuiti elettronici di tutti i tipi, suggeriti dalla rivista Nuova Elettronica, mentre frequentavo il liceo scientifico nell'edificio o, meglio, nell'appartamento posto in via dei Ciliegi a Scandicci, perché quello era il liceo negli anni '70. Dopo l'esame di maturità non ebbi alcun dubbio su quale sarebbe stato il mio futuro ambito professionale e scelsi quindi quella Ingegneria Elettronica che avrebbe dato le risposte alle mie domande giovanili e messo a frutto il mio hobby preferito.

A quei tempi non ci si spaventava a passare giornate in compagnia di libri e dispense; certo, era meglio farlo assieme ad altri compagni, con quelli bravi, che sapevano prendere degli appunti perfetti, con quelli capaci di spiegarti i teoremi più astrusi con una barzelletta, ma soprattutto con quelli più simpatici, che facevano passare la serata in un amen. Così gli anni sono volati, dapprima in compagnia di centinaia di compagni nelle aule immense di viale Morgagni, fino ad arrivare ad un drappello di superstiti nei corsi di specializzazione elettronica e biomedica a Santa Marta. Ho avuto la fortuna di poter sviluppare una tesi di laurea molto interessante, costruita giorno per giorno insieme al

giovane professor Tortoli nell'affascinante laboratorio dei Proff. Atzeni e Manes. Ho raggiunto la massima soddisfazione nel mettere in pratica quanto avevo studiato, realizzare una scheda elettronica che impiegava uno dei primi microprocessori digitali della Texas Instruments, e soprattutto che funzionava davvero! E tanto è stata innovativa quella Tesi di Laurea, che è stata perfino premiata in un concorso nazionale.

Quello è stato il trampolino di lancio nel mondo della strumentazione biomedica, che mi ha permesso di approdare poco dopo nella sfera della azienda fiorentina OTE Biomedica, ditta specializzata in apparati medici elettronici, nonostante i tentativi dei professori di trattenermi con loro per una carriera universitaria che si sarebbe potuta aprire. Ma, in fondo in fondo, sono sempre stato più un praticone che un teorico, ho bisogno di 'mettere le mani sul pezzo', come si suole dire, e quindi ho fatto, seppur con una certa sofferenza, non lo nascondo, la scelta che era allora la più congeniale per il mio futuro.

Sono ancora in Esaote da più di 35 anni e non mi pento di quella scelta di vita. Anche grazie a quel background culturale specifico, maturato in Facoltà, penso di aver contribuito significativamente all'affermazione di Esaote nel mondo dei dispositivi medicali. Oggi sono ormai alle soglie della pensione, ma i rapporti con i miei professori sono rimasti eccellenti per tutti questi anni e questo è un altro motivo di grande soddisfazione personale.

#### Una giornata particolare per la Bioingegneria di Firenze

Maurizio Baroni

Maurizio Baroni si è laureato in Ingegneria Elettronica, indirizzo biomedico, nel 1977. È stato borsista e ricercatore all'Istituto di Fisiologia Clinica del CNR, a Pisa, e nel 1982 ricercatore universitario alla Facoltà di Ingegneria, Università di Firenze. Ha avuto incarichi di insegnamento quali Fondamenti di Informatica, Tecnologie biomediche, Elettronica biomedica, Bioimmagini, Informatica medica. Ha lavorato in vari progetti di ricerca sullo sviluppo di sistemi software, soprattutto per l'elaborazione di immagini mediche, ed è stato autore o coautore di oltre 60 pubblicazioni internazionali. Con il pensionamento si è dedicato a fotografia e video (anche su YouTube) e alla scrittura di libri di vario genere (youcanprint.it).

Questo breve ricordo vuole presentare il gruppo di Bioingegneria della Facoltà di Ingegneria di Firenze nel 2005, in occasione del pensionamento del Prof. Guido Valli, ma soprattutto intende ricordare la nostra situazione in quell'anno per noi molto particolare.

Nel 2003/2004 fu attivato il Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica (triennale e magistrale), grazie all'iniziativa del Prof. Valli, per la Bioingegneria elettronica, coadiuvato dal Prof. Corvi, per la Biomeccanica. Il nostro gruppo era ben organizzato con i progetti di ricerca, ma per la didattica aveva un numero di docenti e ricercatori (strutturati) poco più che sufficiente per fare da garanti del corso di laurea, secondo il regolamento vigente. C'erano i quattro professori associati storicamente presenti da tanti anni, due ricercatori e il Prof. Andrea Corvi, ordinario di Biomeccanica. Ma proprio nel 2005 è venuto a mancare il compianto Prof. Silvano Dubini, docente di Strumentazione Bioelettronica e di Ingegneria Clinica. Anch'io ho rischiato grosso per una caduta di bici. Per di più (anzi per di meno) il Prof. Valli è andato in pensione col primo novembre. Fu un duro colpo. Ci siamo dovuti riorganizzare i corsi di insegnamento e le ricerche attive, sotto la supervisione dei

Ma intanto abbiamo avuto un giorno di festa, quando Guido ci ha invitati a Montalgeto, dove abbiamo apprezzato la buona cucina di quel ristorante e una rilassante passeggiata al maneggio, dove qualcuno si è cimentato a salire a cavallo. Eravamo un gruppo ben assortito, abbiamo conversato, lasciando un po' in disparte i problemi di lavoro e di carriera.

Ricordo gli esemplari di cavalli nella loro stalla, mentre il cavallo di Guido l'abbiamo portato fuori sul campetto. Leonardo Bocchi e suo figlio sono stati i primi (e forse gli unici, non ricordo) a montare in groppa al cavallo.



Figura 97 – Ecco il Gruppo di Bioingegneri di Firenze (con alcuni familiari e due eminenti ospiti) al ristorante e maneggio di Montalgeto (2005). Al centro il Prof. Guido Valli, ordinario di Bioingegneria e responsabile del Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica. Mancano i professori Carlo Marchesi, Silvano Dubini (entrambi venuti a mancare), Attilio Evangelisti e Claudia Manfredi (allora ricercatrice). Da sinistra a destra: Maurizio Baroni, ricercatore di Bioingegneria. Piero Tortoli, ordinario di Elettronica, Direttore del Dipartimento di Ing. Elettronica e Telecomunicazioni. Alberto Tesi, ordinario di Sistemistica, Preside della Facoltà di Ingegneria (poi Rettore). Giuseppe Coppini, ricercatore CNR Istituto di Fisiologia Clinica, Pisa. Stefano Diciotti, dottore e assegnista di ricerca. Andrea Corvi, ordinario di Biomeccanica (accanto a un suo assegnista di ricerca, ora ordinario a Bruxelles). Ai suoi fianchi, Ernesto Iadanza e Fabrizio Dori, assegnisti di ricerca di Ingegneria Clinica. Leonardo Bocchi, allora ricercatore di Bioingegneria e infine un assegnista di ricerca in Informatica medica.

Io ho declinato l'invito con la scusa che il cavallo non aveva il manubrio, come il cavallo d'acciaio, la bicicletta. Allora mi sono dedicato agli altri animali presenti, tra cui un Labrador, che purtroppo facendomi le feste mi ha sporcato il giaccone con il fango presente in abbondanza dopo la pioggia dei giorni precedenti. L'incontro con un gattino è andato meglio. Ricordo con che vocina bassa e carezzevole Guido ha parlato a quel piccolo animale.

Purtroppo, era quasi inverno, il mese di dicembre, per cui la giornata era corta. Ma prima che calasse il buio ci siamo fatti una foto tutti insieme. Guido, appassionato di tecnologie, aveva già un piccolo arsenale di macchine fotografiche digitali.

Infine, i saluti di rito, un augurio ai giovani colleghi (che dopo l'assegno di ricerca hanno vinto i concorsi) e non è mancato nemmeno un pensiero agli assenti...

In ricordo di Guido Valli e Carlo Marchesi.

*Audentes fortuna iuvat*

*Lorenzo Bartalucci*

Lorenzo Bartalucci è laureato in Ingegneria Elettronica. Dal 2018 lavora nel settore radar, in particolare nell'elettronica RF e mixed signal, occupandosi della progettazione sia dal punto di vista tecnico sia gestionale, in diverse realtà aziendali.

Il percorso universitario è stato senz'altro uno dei periodi più belli della mia vita, una strada tortuosa fatta di fatiche, impegno, ma anche tante soddisfazioni e ora che

mi guardo indietro mi rendo sempre più conto di quanto quegli anni mi abbiano formato come uomo.

Tutto è iniziato nel 2013. Alla prima lezione di Ingegneria Elettronica, ci mostrano le statistiche dei promossi agli esami iniziali: fu un vero shock. Molti altri episodi mi ricordano gli anni e gli esami seguenti, quelli che oggi ricordo con un sorriso perché mi hanno insegnato che è nelle difficoltà che l'essere umano dà il meglio di sé.

Non fu facile trovare la forza per andare avanti dopo i primi ostacoli. Ma proprio allora conobbi i compagni con cui avrei condiviso non solo esami, ma anche un pezzo importante della mia vita. Insieme abbiamo affrontato tutto, sostenendoci sempre a vicenda e ripetendoci «Audentes Fortuna Iuvat Timidosque Repellit».

Cinque anni dopo, mi sono laureato con lode dopo aver superato esami stimolanti e tesi appassionanti. È stato un traguardo importante, che ha segnato l'inizio di una nuova avventura: il mondo del lavoro. Anche lì non sono mancate le difficoltà, diverse, ma altrettanto sfidanti. Ho incontrato persone fantastiche che mi hanno accompagnato negli anni e in diverse aziende come una vera squadra.

È in quel contesto che ho cominciato a mettere in pratica ciò che avevo imparato: il pensiero critico, l'approccio metodico e le competenze tecniche maturate con tanto sudore che fanno di un Ingegnere un vero risolutore di problemi a tutto tondo.

Se oggi sono quello che sono, lo devo anche all'ambiente di Santa Marta. Non tanto ai muri o ai corridoi, ma alle persone: ai professori che hanno saputo trasmettermi la loro passione, ed ai compagni con cui ho condiviso giornate intense, fatte di studio, confronto e amicizia vera.

#### Il mio ricordo

*Lorenzo Bessi*

Lorenzo Bessi, consulente in proprietà industriale, European patent attorney, è attualmente IP Manager di Esaote, azienda costruttrice di dispositivi medici per la diagnostica ecografica e a risonanza magnetica, in cui ha precedentemente ricoperto ruoli di progettista e coordinatore dei programmi di ricerca finanziati.

Fin da bambino ho sempre desiderato fare l'ingegnere. Non so perché, forse per la mia passione per tutto ciò che era elettrico o meccanico.

Ho sempre pensato che, indirizzandomi verso gli aspetti tecnici, la preparazione classica sarebbe stata meno importante fino a quando la mia professoressa di matematica esordì, in una delle sue lezioni al primo anno di Liceo Scientifico 'G. B. Morgagni' di Firenze, affermando qualcosa del genere: «la matematica è importante per un ingegnere, ma che ne sarà di lui se non sarà in grado di esprimersi, parlare ai suoi collaboratori, impartire istruzioni o scrivere correttamente relazioni tecniche?».

Dopo avere svolto un dottorato in Bioingegneria, il servizio militare di leva come ufficiale del Corpo Tecnico dell'Esercito, un incarico di programmatore, di tecnico installatore di sistemi per automazione di biblioteche, di progettista hardware e firmware, di coordinatore di programmi di ricerca finanziati, sono planato nel settore che ha caratterizzato la parte significativa della mia carriera lavorativa, la proprietà industriale.

Mai avrei pensato di sfruttare gli studi ingegneristici per svolgere una professione apparentemente da azzecagarbugli. E invece, memore delle parole della professoressa del liceo, ho intrapreso questa strada che si è rivelata molto più tecnica di quanto non potessi immaginare. Dovendo avere a che fare con brevetti in qualunque settore della scienza, un consulente in proprietà industriale deve, infatti, approfondire questioni tecniche anche assai complesse che solo una buona preparazione universitaria di base può consentire.

Quella da me ricevuta all'Università di Firenze nel corso di Laurea in Ingegneria Elettronica del vecchio ordinamento si è rivelata senz'altro adeguata. I miei relatori di tesi, tra i quali ricordo con particolare affetto il Prof. C. Atzeni con cui ho anche svolto un Dottorato di Ricerca, hanno avuto un ruolo determinante nella mia formazione, non solo universitaria.

Un consiglio per i futuri ingegneri. Non basatevi solo sulla preparazione tecnica specifica, per quanto forte possa essere, e mantenete la mente più aperta possibile per cogliere opportunità nei più svariati campi professionali.

Contributo per la celebrazione dei 50 anni della Scuola di Ingegneria di Firenze

*Angelo Antonio Bolognin*

Angelo Antonio Bolognin si è laureato in Ingegneria Elettronica presso la Facoltà di Ingegneria di Firenze nel novembre 1978. Dal 1979 fino al 1999 ha lavorato presso l'Istituto Mobiliare Italiano come analista tecnico-economico dei programmi di investimento. Dal 1999 al 2013 ha proseguito l'attività presso società del Gruppo Monte dei Paschi di Siena, estendendo l'attività al project financing. Dal 2013 al 2015 ha collaborato con RTR, impresa di gestione di impianti fotovoltaici.

Proprio in questi giorni mi capita di sgomberare dalle tante vecchie cose accumulate in passato in cantina, soffitta e garage. Fra di esse, alcune scatole contenenti dispense, quaderni e appunti relativi non solo ai corsi da me frequentati presso quella che allora si chiamava Facoltà di Ingegneria, ma anche a corsi di formazione degli enti per cui ho lavorato e da me sostenuti sia in qualità di discente che di docente. Ho deciso di buttar via tutta quella carta, ma non prima di aver scannerizzato le cose che ho ritenuto più significative, conservandone la memoria in forma digitale.

E facendo questo lavoro, mi è venuto da chiedermi: ma davvero io ho letto, studiato e imparato tutte queste cose, di cui ora non ricordo praticamente nulla?

Questa domanda trova origine nella dinamica del mio percorso lavorativo, che cercherò di narrare in breve.

Mi sono iscritto alla Facoltà di Ingegneria della Universitas Studiorum Florentina (Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica) nel settembre del 1972, dopo aver conseguito la maturità classica al Liceo Ginnasio Dante di Firenze. La tradizione di famiglia e una certa predisposizione all'analisi scientifica mi spinsero a tale scelta, anche se il bagaglio culturale classico mi è sempre stato molto utile, sia nel lavoro che nella vita.

All'epoca le lezioni del biennio propedeutico si tenevano in un prefabbricato ad un solo piano f.t. nel viale Morgagni, che oggi non esiste più e che noi studenti chiamavamo 'il pollaio'. Solo le lezioni di disegno si tenevano a Santa Marta, in un vasto locale all'inizio dell'ala destra, ex refettorio del precedente Seminario, e che col tempo è stato suddiviso in diversi vani. Negli anni Settanta tutto il complesso di Santa Marta, che ospitava le lezioni del successivo triennio, era ancora caratterizzato da ampi corridoi e vaste sale che col tempo sono stati razionalizzati. I laboratori erano ancora scarsi e poco fruibili.

Elevata era invece la qualità dei docenti, molti dei quali provenivano da un'esperienza di prestigio come l'Università di Pisa. Fra di loro mi piace ricordare con affetto alcuni nomi. Anzitutto il Preside Prof. Giuseppe Francini (di cui ricordo una lezione in cui dimostrò l'inefficienza tecnico-economica dell'auto elettrica!), il Prof. Villari di Analisi matematica, il Prof. Bedini di Meccanica delle macchine, sempre ironico e pronto a sdrammatizzare gli esami più complessi, il Prof. Masotti di Elettronica generale e il Prof. Angotti di Scienza delle costruzioni, che avrei incontrato molti anni più tardi quando stendemmo lo statuto degli Alumni di Santa Marta. E per me l'esame di

Scienza delle costruzioni è inscindibilmente legato al tristissimo periodo in cui lo affrontai, i giorni del sequestro e dell'assassinio di Aldo Moro.

I cinque anni e mezzo di studi intensi mi furono agevolati dal fatto di aver trovato un gruppo di colleghi con cui studiare insieme con grande affiatamento: eravamo un gruppo fisso di tre persone, impegnate quotidianamente fianco a fianco, cui si aggiungevano di volta in volta altre tre/quattro ragazzi ed a volte anche una ragazza, l'unica del corso. Mi sono così abituato a lavorare in gruppo, cosa abbastanza rara per il tipico lavoratore italiano e che obbliga le aziende a frequenti corsi di aggiornamento. Abbiamo poi tutti seguito strade diverse, ma qualche tempo fa ci siamo ritrovati e abbiamo anche costituito un gruppo WhatsApp.

Oltre a studiare, nella più classica tradizione goliardica, facevamo anche scherzi, come quella volta che, al quarto anno, creammo un difficilissimo compito di Elettronica generale per gli studenti del terzo anno, i quali andarono disperati dal Prof. Masotti a lamentarsi che domande ed esercizi erano troppo difficili. Naturalmente Masotti capì che erano stati vittime del nostro scherzo e si fece una grossa risata.

Una volta conseguito, con una tesi sui disturbi nei segnali radar, l'agognato 'pezzo di carta' e successivamente superato l'Esame di Stato, non avendo voglia di proseguire nella carriera accademica (come sarebbe piaciuto a mio padre), cercai di entrare nell'azienda con cui avevo collaborato per la tesi, ma evidentemente non avevo certe caratteristiche indispensabili. Ovviamente ci rimasi male, ma pochi giorni dopo ricevetti una telefonata per un colloquio di lavoro che cambiò la mia vita. Feci un colloquio preliminare e poi una prova scritta e un brillantissimo orale e fui assunto: imparai così una cosa che mi è stata utilissima nella vita: e cioè che la cosa migliore è raccomandarsi da sé.

Il lavoro, presso il maggior Istituto di Credito Speciale italiano di allora, l'IMI (Istituto Mobiliare Italiano), necessitava sì di una solida base di conoscenze ingegneristiche, ma era in tutt'altro campo, il credito industriale. Non fu difficile adattarsi, però. Nella mia vita professionale mi sono quindi occupato della valutazione tecnico-economica dei programmi di investimento delle imprese che richiedevano finanziamenti a medio termine, sia nei più svariati settori produttivi che nelle infrastrutture e nei servizi. All'inizio ho affrontato in IMI corsi di perfezionamento ed aggiornamento (non sapevo nulla di economia e di diritto commerciale) in quella che ritengo ancora la migliore scuola pratica di tecnica bancaria industriale. Poi ho avuto modo di crescere professionalmente a contatto di numerosissime realtà che costituiscono tuttora la spina dorsale della nostra economia, le medie aziende produttive. Dopo vent'anni, purtroppo, l'IMI è stata oggetto di una manovra del cosiddetto 'risiko bancario' ed io non mi sono più ritrovato nella nuova realtà. Ma per fortuna avevo imparato a 'raccomandarmi da me' e non mi fu difficile traghettare in una realtà nuova, il Gruppo MPS (Monte dei Paschi di Siena), nel quale mi sono occupato soprattutto di project financing nel settore della green economy. E se in IMI avevo anche avuto modo di cimentarmi con l'insegnamento a stagisti e neoassunti, in MPS sono stato chiamato a rappresentare la Banca in numerosi convegni, conferenze e persino rapporti istituzionali. E in tale ambito, non posso ora non ricordare un collega, David Rossi (Capo della Comunicazione del Gruppo MPS), con cui ebbi solo rare, ma proficue, occasioni di collaborazione e la cui tragica e inspiegata scomparsa ancor oggi mi turba moltissimo.

Anche il Gruppo MPS si trovò coinvolto in problematiche negative e nel 2013 io fui, come si dice, 'esodato'. Ma anche in questo caso, grazie alla mia 'autoraccomandazione' trovai modo di collaborare per due anni con uno dei maggiori produttori nazionali di energia rinnovabile, avendo anche la soddisfazione di trovarmi per una volta 'dall'altra parte del tavolo' a trattare con le banche.

Ecco quindi perché ora, davanti ai miei antichi appunti, in attesa di essere scanezzati e poi gettati al macero, mi chiedo se abbia veramente studiato e imparato tutto ciò. Ma la risposta è che, a prescindere dall'utilizzo pratico e continuo che consolida la memoria, la base, anche inconscia, la forma mentis che danno studi complessi e applicati come quelli della nostra Scuola costituiscono un baluardo di conoscenza, un modo di affrontare i problemi e, in definitiva, di stile di vita professionale unico e sempre utile nella realizzazione personale in una società fondata sul lavoro.

Automatica ed elettronica, il DNA di un'azienda

*Marco Casini*

Marco Casini si è laureato nel 1983 a Firenze in Ingegneria Elettronica. Viene assunto, dopo l'anno di servizio militare, dalla ECS Firenze, azienda fondata negli anni '70 e leader nel settore dei controlli numerici per macchine utensili. Si occupa di progettazione HW e controllo degli assi. Nel 1994, insieme ad alcuni colleghi, fonda la ISAC S.r.l., che sviluppa prodotti nel settore dell'automazione industriale e dove tuttora ricopre il ruolo di responsabile della produzione e dell'assistenza.

Il mio primo anno di studio universitario è stato il 1976, iscritto al corso di Laurea in Ingegneria Elettronica. Perché feci questa scelta? Per curiosità o per caso. Non certo per tradizioni familiari: mio padre lavorava in un ristorante, l'Harry's Bar di Firenze, e mia madre era casalinga (e sognava che andassi a lavorare in banca). Dei miei compagni del liceo, il Liceo Scientifico Leonardo da Vinci, solo una ragazza fece la mia stessa scelta. Gli altri si divisero fra Medicina, Legge, Fisica, Lettere. Amavo la Filosofia e la Letteratura, ma una qualche attrazione verso materie sconosciute mi spinse verso questa scelta.


Le lezioni del biennio si tenevano nelle aule prefabbricate di viale Morgagni, e nel mio corso eravamo circa trecento. Si formarono le prime amicizie e la scuola di provenienza le decise. C'erano quelli dell'ITI e quelli del Liceo (fra questi i miei amici Alberto Tesi, Marco Gori, Carlo Bagnoli, Andrea Iacometti). I primi già parlavano di elettronica, gli altri non sapevano neanche cosa fossero i circuiti, i condensatori e le resistenze. Ho un ricordo molto bello di quei primi due anni, di alcuni corsi in particolare e di alcuni professori. Primo fra tutti il Prof. Tiberio, che teneva il corso di Geometria, del quale mi piace ricordare un episodio. Un giorno si presentò a lezione con un maglione messo al contrario e stava scrivendo su quell'enorme lavagna (esistono ancora?) posta sopra la pedana rialzata che occupava tutto un lato dell'aula. Qualcuno gli fece notare che aveva il maglione al contrario e la risposta fu «è per non darvi le spalle!» (Mio figlio, a distanza di trent'anni, ha avuto la fortuna di averlo ancora come professore al biennio).

L'altro professore che voglio citare è Aldo Belleni Morante che teneva il corso di Meccanica Razionale. Sarà stato per un certo suo 'charme', sarà stato per la bellezza della materia ma il suo corso è fra i più belli che ricordo.

L'approdo al triennio volle dire spostarsi a Santa Marta. Ho appreso solo leggendo la pubblicazione *Ingegneri e Ingegneria a Firenze* che la facoltà era nata solo pochi anni prima, nel 70-71 e questo enorme edificio fu scelto per ospitarla. In quegli anni raggiungevo la facoltà in moto, un Morini 350, con il quale mi spostavo da San Casciano in Val di Pesa quotidianamente. Lo stato di manutenzione dell'edificio lasciava molto a desiderare e in generale non si può dire che fosse bello (è migliorato?). Aveva grandi e lunghi corridoi, sui tre piani, e un sottosuolo dove si trovavano il bar e alcuni laboratori. Cominciammo ad incrociare alcune materie 'tecniche' ma ancora la matematica applicata e un corso dal nome misterioso mi attraevano maggiormente: Applicazioni di Matematica del grande Prof. Gaetano Villari e Teoria dei Sistemi del Prof. Edoardo Mosca (che saranno mai questi 'sistemi?').



PAG. 3

### WHO WE ARE



 Based on a 40-year experience in the field of CNC and automation applications ...

ISAC was founded in 1994

Company certified by quality system in compliance with UNI EN ISO9001:2008 since 2004




Close to Pisa University



PAG. 5

### HARDWARE TO APPLY SOFTWARE PRODUCTS



PAG. 6

### EXPERIENCE



Figure 98 – ISAC: azienda di automazione industriale, prodotti hardware e sviluppo software.

E qui se mi lasciassi andare ai ricordi non la finirei più... Il Prof. Gaetano Iuculano (Misure Elettriche) che aveva una stazza sui 100 kg a dir poco e che arrivava in Facoltà a bordo di una FIAT cinquecento che faticava a contenerlo. Lezioni memorabili, su una materia apparentemente noiosa (le misure) ma che diventavano lezioni appassionanti grazie alla sua simpatia e bravura. Un bel giorno ci disse che sarebbe mancato per un periodo perché andava a fare una dieta. Tornò dimagritissimo, un figurino. Un giorno arrivò in aula reggendosi i pantaloni, ci disse che gli si erano rotti e gli calavano ma fece la lezione ugualmente tenendosi su con una mano.

Il Prof. Giacomo Bucci teneva il corso di Reti Logiche ed anche di questo ho un gran bel ricordo. Credo che abbia contribuito non poco alla mia formazione di Ingegnere perché la 'logica' è stata il pane quotidiano nella mia attività lavorativa, e non solo nelle applicazioni elettroniche ma anche nella progettazione Software e dei PLC (Programmable Logic Controller).

Come non parlare poi del Prof. Leonardo Masotti, bel gran signore sempre elegante e formale che ci parlava per la prima volta di diodi, transistor e mosfet. Ricordo, ma è ben noto, che ha dato vita ad una delle aziende attualmente più floride e avanzate del panorama fiorentino, il gruppo El.En.

Di questo gruppo fa parte anche la Cutlite Penta che produce macchine a taglio laser e che è attualmente un cliente della nostra azienda, la ISAC S.r.l.

E infine del Prof. Giuseppe Francini, che teneva il corso di Elettronica Applicata, gran personaggio e gran professore che ci ha introdotto alla conoscenza e alla progettazione dell'elettronica analogica. Devo dire poi che, nel corso degli anni, il predominio l'ha avuto l'Elettronica Digitale mentre quella analogica è rimasta confinata in ambiti ristretti. Del resto è noto a tutti che la digitalizzazione ha avuto il sopravvento (cito i mantra del Prof. Vito Cappellini: «teorema di Shannon» e «campionamento, quantizzazione, codifica binaria»).

Andiamo avanti velocemente per arrivare alla laurea con il Prof. Edoardo Mosca, sugli algoritmi di controllo, ambito della sua ricerca. A rileggere ora la mia tesi, mi sorprendo di me stesso e di come il tempo abbia trasformato completamente quelle che erano le mie attitudini appena laureato. Fu proprio il Prof. Mosca, mentre ero alla fine del servizio militare, a segnalarmi per un colloquio alla ECS Firenze che costruiva Controlli Numerici. Il patron della ECS, ingegner Carlo Del Grosso, lo aveva incontrato per assumere neolaureati nell'azienda, fondata da lui e altri a Firenze intorno agli anni '70, per progettare e costruire gli apparati di controllo delle macchine utensili, appunto il CNC (Computerized Numerical Control). La OTE aveva avviato il progetto, assumendo appunto Del Grosso, che aveva fatto esperienza nella Cea Perego di Milano negli anni '60, per avviare questo settore di automazione emergente in quegli anni.

Ma Del Grosso, forse non sopportando l'ambiente OTE, per inquietezza o per ambizione, se ne andò, portando con sé un bel gruppetto di colleghi, e fondò, con la partecipazione significativa di Longinotti (azienda storica di Firenze, patron anche della Fiorentina), la ECS Firenze. E così a gennaio del 1985, al ritorno del servizio militare, iniziai a lavorare alla ECS Firenze, che aveva sede all'Osmannoro. E di cosa mi toccò occuparmi per prima cosa? Di integrare il Floppy Disk nella consolle del CNC per sostituire il lettore di nastri perforati fino ad allora utilizzato per trasferire i Part Program di lavorazione. E subito dopo mi occupai di progettazione di schede digitali (Memoria, schede assi) ed anche degli algoritmi di controllo assi (e qui le lezioni di Automazione e Controllo tenute dal Prof. Mosca sono state determinanti).

La ECS venne ceduta, dopo qualche anno, alla Siemens e dopo qualche tempo Carlo Del Grosso fu purtroppo estromesso. Iniziarono alcuni anni di scuola Sie-

mens: amministratore divenne un ragioniere, iniziarono corsi di tedesco e viaggi in Germania ecc. Il personale ECS non gradiva molto, abituato alla libertà, alla fantasia e alla iniziativa che le aveva impresso Carlo Del Grosso e, a fine anni '90, la Siemens dovette soccombere (le cose non stavano andando molto bene) e subentrò un personaggio fiorentino, Ivo Mazzantini, con un gruppetto di soci. Mazzantini ci sapeva fare come imprenditore e si liberò ben presto dei suoi soci rimanendo l'unico proprietario.

Cercò subito di rendere l'azienda remunerativa e mise al sicuro il suo investimento, acquisendo l'immobile aziendale (edificio in zona Osmannoro) e facendo pagare l'affitto all'azienda.

Del Grosso aveva lasciato un imprinting profondo nell'azienda e ancora molti si sentirono insoddisfatti dei metodi di questa nuova gestione. Fra questi io e tre colleghi che ci dimettemmo nel 1994 per fondare la nostra azienda, la ISAC S.r.l. (talibus pater tales filii).

Purtroppo (per me) i miei colleghi venivano dalla provincia di Pisa ed ebbero la meglio, così la ISAC iniziò a Fornacette in un garage, come tutte le aziende che si rispettano...

Dar vita ad un'azienda è una bella esperienza, servono coraggio, determinazione, spirito di sacrificio oltre alle competenze tecniche. Ma direi che queste ultime pesano in percentuale assai minore rispetto alle altre. A distanza di circa trent'anni la ISAC dà lavoro a circa 30 persone, molte delle quali con lauree in Ingegneria o Fisica. Ha in corso progetti di ricerca in collaborazione con le Università di Pisa, Firenze e Udine. I nostri competitor sono aziende come la B&R, la Beckhoff, la OSAI, la D. Electron, nel settore dell'automazione, dei CNC e dei PLC.

La mia famiglia mi chiede spesso quando andrò in pensione. Beh, me lo domando anch'io, quando penso al mio socio Paolo De Nardis, di nove anni maggiore di me, che guida ancora la ISAC con grande slancio!

#### Solide fondamenta e visione internazionale

*Niccolò Chierroni*

Niccolò Chierroni è CEO di Mermec Engineering (società specializzata in R&D e sviluppo di soluzioni innovative turn-key mediante utilizzo di algoritmi AI e progettazione di sensoristica custom) e CEO di Blackshape (società aeronautica che produce addestratori aerei in fibra di carbonio per mercati ultraleggeri e certificati). Ha lavorato in multinazionali della difesa e dell'oil & gas, gestendo contratti governativi e aprendo sedi in Medio Oriente e Nord Africa, e ha sia creato sia acquisito start-up innovative che continuano a operare in ambiti di frontiera tecnologica.

Il mio periodo universitario a Firenze, prima in viale Morgagni (ancora nella struttura provvisoria precedente, durante la costruzione del nuovo plesso) e poi a Santa Marta, è stato caratterizzato da quelle che ritengo siano le incertezze comuni dei ventenni: idee, sogni, dubbi, perplessità...

Sapevo infatti, pur fresco di maturità classica al Liceo Classico Galileo di Firenze, che la mia curiosità si appagava maggiormente nell'approfondimento di materie più tecniche e scientifiche, quindi, ancora convinto di voler fare l'astronauta da grande, mi ero iscritto a Ingegneria Meccanica senza molte certezze sul futuro professionale.

Il percorso di esami che da quel momento ho portato avanti, non senza svariati cambi di rotta e deviazioni dovute a uno spirito 'imprenditoriale' già abbastanza spiccato, me lo sono cucito addosso per quanto possibile sulla base degli interessi personali legati a tematiche trasversali di innovazione tecnologica (passare attraverso gli anni del-

la riforma 3+2 è stato senza dubbio di aiuto in questo) e mi ha condotto a una laurea specialistica in Ingegneria dell'Automazione.

Durante questo percorso di vera formazione, personale e accademica, ho trovato anche il modo per usufruire di una borsa di studio Erasmus presso l'Università di Las Palmas a Gran Canaria, aprendo per la prima volta un canale tra le due Università anche relativamente a esami del mio ambito di studio, nonostante il posto fosse formalmente riservato solo a studenti di Ingegneria Civile.

Ciò che più mi ha segnato positivamente durante questo periodo universitario, grazie soprattutto a numerosi Professori che mi hanno trasmesso metodo e pensiero laterale attraverso la loro competenza e doveroso rigore, è stata la comprensione diretta dell'importanza di approfondire e far sedimentare concetti e nozioni: la complessità non può mai essere banalizzata e solo radici profonde permettono poi di crescere in alto senza scossoni.

Durante quegli anni ho maturato infatti la convinzione che non avrei mai fatto il progettista di lavoro, ma anche che solo mediante una solida preparazione tecnica come quella impartita dal corpo docente della Scuola di Ingegneria dell'Università di Firenze avrei potuto valorizzare le mie predisposizioni personali e girare il mondo approfondendo le mie passioni.

Ancora oggi, dopo vent'anni e dopo un percorso di carriera in vari Paesi all'interno di aziende operanti in settori tecnologici all'avanguardia, ringrazio tutti i Professori che durante il percorso universitario hanno amplificato le mie capacità di comprensione e competenze e hanno permesso che sperimentassi personalmente la benefica necessità del sacrificio (dal latino *sacrificium*, *sacer* + *facere*, 'rendere sacro').

Microonde a Firenze: Ricordi dal biennio universitario alla progettazione radar

*Guido Forti*

Guido Forti, laureato in Ingegneria nel 1975, ha ricoperto il ruolo di responsabile del reparto antenne radar presso la SMA di Firenze, successivamente confluita in Galileo, poi Selex (oggi Leonardo) del gruppo Finmeccanica, dove ha lavorato fino al 2007. Nel corso degli anni ha guidato lo sviluppo di antenne radar a scansione meccanica, installate sulle principali unità navali della Marina Militare, nonché su piattaforme avioniche, sia elicotteri sia aeromobili. Parallelamente, ha contribuito allo sviluppo di antenne e componenti a microonde per applicazioni civili, tra cui radar anticollisione per autoveicoli e per il controllo del traffico aereo. Ha inoltre partecipato attivamente ai programmi di sviluppo delle antenne attive per radar AESA di nuova generazione. Il reparto Antenne è tuttora operativo come centro di eccellenza nella progettazione a microonde presso il sito Leonardo di Campi Bisenzio (Firenze).

Era il 1966. Ricordo ancora, con un misto di nostalgia ed emozione, le lezioni del primo anno del biennio di Ingegneria che seguirono in varie sedi sparse per Firenze: dal Liceo Ulisse Dini di viale Morgagni (analisi matematica, geometria e disegno) all'Osservatorio di Arcetri (fisica), fino a via Gino Capponi (chimica).

A proposito dei docenti, ricordo le lavagnate di dimostrazioni di Analisi Matematica del Prof. Villari, i modelli tridimensionali in legno e fili delle superfici 'coniche' del Prof. Campedelli, nonché le corpose lezioni di Fisica del Prof. Mandò che, insieme al suo assistente Prof. Poli, rendevano l'esame di Fisica I il più ostico dell'intero biennio. In quel periodo si respirava un'aria di positività verso il futuro e si avevano tante aspettative di miglioramento, anche se colpiti da un evento che avrebbe lasciato il segno: l'alluvione del novembre 1966.

Finito il biennio, decisi di continuare gli studi a Bologna, dove mi iscrissi alla specializzazione in Telecomunicazioni, considerato un settore con molte prospettive di

espansione, come in effetti poi si è dimostrato. Nel frattempo, a Firenze nasceva la Facoltà di Ingegneria completa del triennio di specializzazione, ma ormai avevo scelto di completare gli studi avviati a Bologna.

Durante la preparazione della tesi di laurea *Il Sistema di commutazione PCMEAX-3*, relatore il Prof. Treves, ho dovuto ampliare il mio raggio d'azione di pendolare da Bologna a Torino, dove il Prof. Treves risiedeva, e Cassina de' Pecchi, nell'hinterland milanese, dove aveva sede la società telefonica GTE, che stava producendo in Italia questo nuovo sistema di commutazione telefonica digitale. Per le telecomunicazioni era un momento di svolta, con il passaggio dalla tecnica analogica a quella digitale, e come spesso diceva il Prof. Treves durante le lezioni, facendo un paragone automobilistico: è come se oggi, quando un'auto deve andare da A a B, si chiudesse la strada e la si riservasse solo a quell'auto, mentre con la tecnica digitale si può scomporre l'auto in A, far viaggiare le sue parti su percorsi diversi e ricomporla in B. Chiusa l'esperienza universitaria bolognese, ho fatto 15 mesi di servizio militare, prima come allievo ufficiale e poi come sottotenente, sempre, tanto per cambiare, alla Scuola Trasmissioni dell'Esercito a Roma.

Finalmente il ritorno a Firenze e, dopo una breve parentesi di insegnamento, sono arrivato nel mondo del lavoro. Nel 1977 fui assunto alla SMA (Segnalamento Marittimo ed Aereo), una delle poche aziende tecnologiche presenti sul territorio fiorentino, e inserito nel Reparto Microonde.

Il primo impatto fu molto positivo, con una realtà dinamica e in fase di espansione, con tanti colleghi giovani, laureati e tecnici, con una dirigenza di altissimo livello, a cominciare dal Presidente onorario Prof. Nello Carrara, cui naturalmente era riconosciuto il merito di aver convinto, nell'immediato dopoguerra, il fondatore della SMA, Prof. Fernandez, a indirizzare la società verso la progettazione e costruzione di radar a microonde. D'altra parte il Prof. Carrara, fra le altre cose, era stato il primo a utilizzare il termine 'microonde' (in un articolo sulla rivista *IRE* del 1932), aveva fondato nel 1946 a Firenze l'Istituto di Ricerca sulle Onde elettromagnetiche (I.R.O.E.) e aveva avuto un ruolo fondamentale nello sviluppo del primo radar della SMA (anno 1950), chiamato CFL (Carrara Fernandez Lombardini).

Quando sono arrivato al Reparto Microonde, diretto dall'Ing. Brogelli, mi sono occupato principalmente della progettazione e del collaudo di antenne e subito mi sono reso conto del momento di transizione che stavamo vivendo. Ricordo ancora che erano in corso i test del prototipo di un'antenna radar di 5 metri in banda S e, ogni sera, dopo una giornata di misure, facevamo il punto e programmavamo le prove per il giorno successivo, per riuscire a far rientrare tutti i parametri nelle specifiche, specialmente quei 'maledetti lobi secondari', che non ne volevano sapere di scendere. In questa occasione ho scoperto, con mia grande sorpresa, che la progettazione della curvatura del riflettore dell'antenna era stata fatta con il regolo calcolatore! Poco dopo, invece, impegnato in un nuovo progetto, ho avuto la possibilità di sviluppare dei programmi di simulazione in FORTRAN e di farli girare su un computer della Honeywell, locato negli Stati Uniti, attraverso un collegamento telefonico via satellite.

Nel 1984 nasceva *MICROONDE*, una rivista tecnico-scientifica edita dalla SMA, nata per la divulgazione di lavori teorici e sperimentali svolti nell'ambito della società e delle sue controllate, che nel primo numero ospitava, fra gli altri, un contributo di M. I. Skolnik, uno dei più profondi studiosi del radar a livello mondiale.

Qualche tempo dopo, esattamente nel maggio 1989, quale responsabile della progettazione antenne e a seguito di contatti con il Prof. Tiberio della Facoltà di Ingegneria, organizzammo una due giorni divulgativa presso la sede di Santa Marta, in cui riportavo le principali realizzazioni fatte dalla SMA nel settore delle antenne a microonde

(a riflettore e ad array), con proiezioni sulle innovative 'phased array': un modo per stabilire un dialogo fra realtà industriale del territorio e Università. Fu anche l'occasione per incontrare studenti e docenti, fra cui mio nipote Mauro, che dopo poco (nel 1992) si sarebbe trasferito nella neonata Facoltà di Ingegneria a Siena. Ricordo ancora l'interesse con cui gli studenti chiedevano informazioni su quei pochi componenti che avevo portato come esempio di applicazioni delle microonde nella radaristica.

Negli anni seguenti seguirono numerose collaborazioni fra l'Università di Firenze e la SMA nel campo delle microonde, nonché fra l'Università di Firenze e MICREL, società derivata dalla SMA, nel campo della microelettronica. Nel solco della collaborazione fra le due realtà fiorentine, ricordo con piacere le assunzioni di Giuseppe, Giovanni, Walter, Paolo, Giacomo, neolaureati della Facoltà di Ingegneria, diventati validi collaboratori per lo sviluppo di nuove antenne.

Oggi, a distanza di anni, mi fa piacere vedere mio figlio Nicola, attualmente ricercatore nel Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, mantenere vivo il legame con l'Università di Firenze, che ha rappresentato una parte così significativa del mio percorso.

lo, testimone di un sogno industriale infranto nell'area fiorentina

*Leonardo Frangini*

Leonardo Frangini, attualmente pensionato, ha ricoperto ruoli di responsabile di progettazione, responsabile di vari uffici di produzione e HSE manager. È stato insignito del titolo di Maestro del Lavoro.

L'idea di terminare gli studi dopo il Liceo non mi è mai passata per la testa: troppe cose mi interessavano, troppi gli argomenti che mi sarebbe piaciuto approfondire: storia, filosofia, biologia, geologia, fisica. Lo studio è sempre stato per me al tempo stesso fonte di conoscenza, curiosità e stimolo a capire le cose. Forse, adesso che sono in pensione, posso dire che è la cosa che mi è riuscita meglio nella vita e che mi ha dato tra le più belle e intime soddisfazioni.

La scelta della facoltà cadde su Ingegneria, più precisamente su Ingegneria Elettronica, non perché fosse in realtà all'apice della lista delle mie preferenze ma perché la reputavo, ritengo a ragione, come la più adatta per me, proveniente da una modesta famiglia operaia, per poter salire su un ascensore sociale che al tempo stesso mi permettesse una rapida indipendenza economica e la possibilità di avere un tenore di vita più alto dei miei genitori. Era infatti opinione comune, ancora a metà degli anni '70, che una laurea pesante potesse garantire un rapido se non immediato ingresso con successo nel mondo del lavoro. Per queste ragioni scartai quindi subito le facoltà umanistiche, probabili foriere di anni di disoccupazione; valutai la Facoltà di Medicina ma non la reputai adatta a me: sempre tra malati e persone che stanno male.

Ingegneria non si può definire una facoltà facile: ai tempi c'era il biennio obbligatorio e in soli 54 riuscimmo a sbiennare per tempo. Il professore per me simbolo del biennio, le cui lezioni si tenevano ancora nel viale Morgagni, è stato il Prof. Manselli di Analisi 2. Un tipo veramente particolare, noto per i suoi esercizi 'impossibili' in particolare sui limiti, che fu l'artefice della selezione più pesante. Superato lo scritto, mai facile, all'orale l'esame si svolgeva secondo un consueto cliché che consisteva in una prima domanda 'normale' di dimostrazione di qualche teorema e poi lui faceva le variazioni sul tema. Per esempio cambiava in parte una definizione o un'ipotesi e costringeva a ragionare sulle implicazioni di queste variazioni o a trovare degli esempi che si accordassero con queste nuove definizioni. Se ti bocciava, al secondo appello si ricominciava da dove si era interrotta la prima prova perché teneva un libriccino dove segnava accanto ai nomi degli studenti le domande che aveva fatto loro. Insomma un incubo.

Ricordo però ancora la soddisfazione che si aveva nel sentirsi padroni dei molti strumenti matematici che in quegli anni venivano messi a disposizione con gli esami di Analisi, Geometria, Meccanica Razionale e le Fisiche.

Al triennio cominciammo a studiare materie più tecniche, purtroppo anche qualcuna che a me non piaceva per niente, tipo Scienza delle Costruzioni, però per noi elettronici anche materie fondamentali: Elettronica Generale, Elettrotecnica, Macchine Elettriche. Alla fine del terzo anno mi cominciai a sentire un po' ingegnere. Ritengo ancora che, superati gli esami del terzo anno, ci si poteva considerare in discesa: il più era senz'altro fatto.

Arrivati all'ultimo anno si cominciava a pensare anche alla tesi e a questo proposito venivano proposti degli incontri con i professori che illustravano quali potevano essere gli argomenti da loro trattati per svolgere una tesi di laurea.

Rimasi molto affascinato dal compianto Prof. C. Atzeni che presentò un argomento per una tesi sperimentale sui dispositivi a SAW, all'epoca patrimonio solo di poche aziende, nessuna delle quali italiana, e per i quali invece stava nascendo l'interesse da parte di una importante azienda fiorentina. Fu in quel momento che si coagularono in una scelta che ricordo quasi istantanea, la mia voglia di interessarmi a qualcosa di speciale, di un settore nuovo e stimolante che poteva permettere una crescita importante, a Firenze, in campo radaristico: tutte mie priorità a quel tempo.

Fu così che mi candidai per quella tesi che doveva essere svolta nel laboratorio dei Professori G.F. Manes e appunto C. Atzeni; entrambi infatti lavoravano insieme sull'argomento. Sarei stato seguito in particolare dall'Ing. P. Tortoli, all'epoca ricercatore in quel laboratorio ed oggi anche lui Professore. L'Ing. Tortoli era il riferimento del laboratorio e il suo motto, «per aspera ad astra», secondo me rappresenta la sintesi delle sue doti di preparazione, disponibilità e razionalità che già ne avevano fatto un elemento di richiamo per molti studenti ritenendo, a ragione, che bilanciassero la tradizionale 'distanza' tenuta da altri docenti nei confronti dei laureandi.

La tesi portò alla realizzazione di un filtro SAW per la compressione di impulso realizzata con un codice 13 di Barker (di cui un prototipo ho avuto il piacere di ritrovare al Museo del Radar presso lo stabilimento della Leonardo di Fusaro) ma soprattutto mi permise di accedere immediatamente ad una borsa di studio della società Micrel dove negli anni seguenti, in modo che definirei quasi pionieristico, insieme ad un team di colleghi, consulenti e altri laureandi, sono riuscito a mettere in piedi internamente all'azienda un processo industriale, tecnologicamente molto avanzato, che prevedeva la realizzazione di sistemi a compressione d'impulso con filtri SAW, dalla progettazione all'oggetto finito. Di questo devo essere grato anche all'Ing. D. Gerli, il mio capo di allora.

La società Micrel riuscì ad affermarsi per la fornitura di questi sistemi in progetti di radar tutt'oggi operativi (3DLR, KRO, ATCR, RAN, RASS e altri) superando concorrenti del calibro di Racal Mesl e Thompson.

Tutto finì con la crisi dell'EFIM: fu deciso infatti di trasferire tutto il know-how della tecnologia Micrel relativa alla costruzione dei filtri SAW, in parte alla Alelco di Palermo in parte alla Alenia di Roma. Fui io stesso ad essere incaricato dei trasferimenti e della formazione del personale nelle due sedi. Una volta terminata questa fase preferii non spostarmi da Firenze e ripartire con nuovi incarichi all'interno delle allora Officine Galileo.

Guardando indietro ritengo di aver fatto le scelte giuste. Il solo rammarico resta legato alla crisi degli anni '90 che ha interrotto un progetto ambizioso per la città di Firenze, all'epoca si parlava di Arno - Valley, che ha visto una forte deindustrializzazione dell'intera area a vantaggio di altre realtà con la scomparsa di aziende storiche fiorentine come SMA, OTE e appunto la piccola ma agguerrita Micrel.

## Nemo Profeta in patria

*Laura Giarré*

Laura Giarré è professoressa ordinaria di Automatica. Ha conseguito la laurea in Ingegneria Elettronica con lode presso l'Università di Firenze nel 1986 e il dottorato in Ingegneria dei Sistemi presso l'Università di Bologna nel 1992. Dal 1993 al 1998 è stata ricercatrice presso il Politecnico di Torino. Dal 1998 al 2016 è stata all'Università di Palermo come associata e dal 2016 è ordinaria presso il Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari" dell'Università di Modena e Reggio Emilia, a Modena. Dal 2020 al 2022 è stata professoressa aggiunta presso l'Università Norvegese di Scienza e Tecnologia (NTNU), in Norvegia. Ha trascorso diversi periodi come professore visitor presso l'Università della California a Santa Barbara (USA), il MIT (USA) e l'Università Johannes Kepler di Linz (Austria). I suoi interessi di ricerca comprendono l'identificazione, il controllo dei sistemi in rete e la tecnologia assistiva. Si occupa di problemi di inclusione, diversità e gender, per cui ha ricoperto il ruolo di mentor in vari progetti europei. Dal 2014 al 2021 è stata CEO della società In.Sight, di cui era co-founder. Dal 2023 è presidente della sezione italiana della società Systems, Man and Cybernetics della IEEE. Laura è una poetessa e una scrittrice.

Mi sono iscritta a Ingegneria Elettronica nel 1979. «Eran trecento, eran giovani e forti e sono...» diventati cento già nel secondo anno. Di questi cento studenti, solo cinque erano ragazze. Perché ho fatto ingegneria? Ero sempre stata molto brava a scuola, diplomata con 60/60, amante della matematica e delle materie scientifiche. Volevo fare un lavoro diverso da quello di mia madre e delle mie zie che erano professoresse, e pensavo che diventare un ingegnere fosse una bella sfida per una ragazza. Dopo la laurea nel 1986 con lode, sono andata a lavorare alla società Autostrade e poi, come due colleghi di Autostrade prima di me (uno dei quali è poi diventato rettore di UNIFI), ho lasciato un lavoro sicuro per fare il dottorato (era nel mio caso il quarto ciclo) in Ingegneria dei Sistemi. Mio padre per anni me lo ha rinfacciato, e il suo tormentone «ma se eri rimasta all'Autostrade» mi risuona dentro. Durante Ingegneria mi sono innamorata della Teoria dei Sistemi, perché mi piaceva usare la matematica e la fisica per descrivere il mondo. Mi piaceva modellare non solo i sistemi fisici, ma anche le relazioni, le idee e le strutture economiche e ambientali. Per questo motivo scelsi l'indirizzo sistemistico che aveva esami di automatica e di informatica. Ho fatto quindi il dottorato consorzio con Padova e Bologna, e il mio tutor era il Prof. Mosca. Per me a UNIFI, però, non c'è mai stato posto, sono stata Ricercatrice al Politecnico di Torino, Associata all'Università di Palermo e Ordinaria all'Università di Modena e Reggio Emilia. *Nemo profeta in patria*. Ho fatto ingegneria per essere un'ingegnera, anche se poi ho fatto la docente, perché forse ce l'avevo scritto nel karma, ho impostato la mia ricerca e la didattica, con l'approccio unico che una formazione ingegneristica garantisce. Mi sono impegnata anche in altro, ho provato a fare l'imprenditrice, e negli ultimi anni mi sono dedicata a fare da mentore a giovani studentesse ingegnere e informatiche, perché la percentuale femminile è ancora del 5% e, nei ruoli apicali, anche più bassa.

## Amarcord Ingegneria

*Stefano Gigli*

Stefano Gigli è un ingegnere elettronico, da poco pensionato. Laureato nel 1986, ha lavorato per tre anni presso IDS (Ingegneria dei Sistemi) di Pisa come sistemista radar. Dal 1989 al 2007 si è occupato, in qualità di sistemista e project manager, di strumenti e sensori per satelliti presso le Officine Galileo di Firenze (oggi Leonardo). Dal 2007 a febbraio 2025 ha lavorato in EUMETSAT (l'ente internazionale che gestisce i satelliti meteorologici europei), a Darmstadt, Germania. In EUMETSAT ha seguito lo sviluppo di IRS (Infrared Sounder), uno strumento a bordo dell'ultima generazione di satelliti Meteosat, dedicato alla rilevazione in 3D dell'atmosfera terrestre.

Nella calda estate dell'ormai lontano 1978 presi parte, assieme a un folto gruppo di connazionali miei coetanei, all'annuale rito della maturità. Tralasciando per scarso interesse storico i dettagli numerici, il risultato comunque positivo della mia prova consacrava la definitiva chiusura dell'esperienza scolastica e apriva la strada all'avventura dell'università. Visto che tra i risultati scolastici spiccava quasi unicamente la matematica, ma soprattutto considerato il mio illustre passato di grande giocatore di Lego e Meccano, c'erano pochi dubbi sulla scelta della facoltà: Ingegneria.

A rigor di logica, un giocatore di Lego dovrebbe iscriversi a Ingegneria Civile; ancora più ovviamente, un giocatore di Meccano dovrebbe iscriversi a Meccanica. Per non scontentare nessuna delle mie due personalità proto-ingegneristiche, presi la salomonica decisione di iscrivermi a Ingegneria Elettronica, pur avendo un'idea molto vaga della materia. Erano i tempi in cui il computer, o meglio il 'calcolatore', era ancora un oggetto misterioso, che fino a poco tempo prima veniva etichettato con l'inquietante termine di 'cervello elettronico' e appariva essenzialmente nei film di 007.

Ho vissuto gli anni dell'università a cavallo di due decenni molto diversi tra loro. Questa fase di transizione è caratterizzata, nella mia personale opinione, dai pregi di questi due periodi, senza però i loro difetti. La solidarietà e la voglia di libertà, eredità degli anni Settanta, si univa ad una ritrovata leggerezza, tipica degli anni Ottanta, senza l'esasperata conflittualità sociale dei primi (per non parlare del terrorismo) e senza l'individualismo tipico dei secondi (qualcuno non troppo giovane ricorderà certamente gli 'yuppies'). Volendo essere cinici, o più semplicemente realistici, questo castello di considerazioni pseudo-sociologiche potrebbe essere facilmente smontato osservando che in quel periodo avevo, guarda caso, intorno ai vent'anni, età in cui il mondo appare come qualcosa di fantastico, da esplorare con entusiasmo.

In questo clima positivo ho iniziato, dopo quattro lunghi ed irripetibili mesi di vacanza quasi totale, inframezzati da un indimenticabile viaggio 'on the road' nel puro stile del tempo, il mio percorso di studente di Ingegneria. Il primo impatto fu con i cosiddetti 'pre-corsi', su temi propedeutici. Ne ricordo solo uno, il pre-corso di logica, e lo ricordo perché sembrava un gioco a quiz, ai cui quesiti noi studenti fornivamo risposte totalmente sballate. Il concetto di logica che avevamo era infatti alquanto ruspante; per fare un esempio, alla domanda su qual è la negazione della frase «tutti i gatti sono neri», le risposte andavano da «tutti i gatti sono bianchi» alla leggerissimamente meno scorretta «nessun gatto è nero». La risposta vera, ovviamente, è «esiste almeno un gatto che non è nero». Ci volle qualche giorno per capirla.

A quei tempi le lezioni iniziavano a novembre, nel caso di Ingegneria Elettronica in un'aula gremita da oltre trecento persone. Ricordo con piacere il simpaticissimo professore di geometria, con le sue dimostrazioni. Oltre a quella per induzione e a quella per assurdo, aveva brevettato la dimostrazione 'per giuramento': se i passaggi erano troppo complicati, venivamo graziati dall'impararli e dal capirli, potendo appellarci, in sede di esame, al fatto che egli stesso aveva 'giurato' sulla loro validità.

All'ora di pranzo ci univamo agli studenti degli altri corsi e di altre facoltà nella bolla dantesca della mensa di viale Morgagni, dove dire che regnava l'anarchia è ciò che gli anglosassoni definiscono un 'understatement'. Per rimanere in tema di confronti con le abitudini d'oltremania, la coda per entrare era alquanto diversa da ciò a cui i sudditi di Sua Maestà erano usi. Questa consisteva infatti in un gigantesco triangolo umano, con il vertice al cancelletto d'ingresso, una base molto ampia ed una inimmaginabile densità di studenti per metro quadrato. Contro ogni ragionevole previsione, questo ammasso di corpi si muoveva, anche se molto lentamente, con un flusso regolato da forze che al CERN non hanno ancora individuato, e solo la giovane età permetteva di sopravvivere alle enormi pressioni che venivano raggiunte in prossimità del vertice.

Il premio per questa ordalia era un pranzo che, seppur non da stella Michelin, era sufficiente a riempire i robusti stomaci dei giovani del tempo, all'iperbolico prezzo di quattrocento lire, ovvero, in termini comprensibili per le nuove generazioni, venti centesimi di euro. Esisteva poi anche un trucco per sfuggire a tutto ciò, e regalarsi un pranzo (in confronto) da favola. Con un'ardita e sofferta sveglia alle sette di mattina del lunedì era possibile procurarsi dei buoni pasto da utilizzare al vicino circolo del 'Campino', dove ci attendeva un lussuoso desinare con tanto di camerieri a servire. Se poi ci volevamo dare alla pazza gioia, con un ulteriore supplemento di cento lire (altri cinque centesimi), si potevano gustare delle succulente pappardelle alla lepre.

Tornando a lezione, una nota stonata, almeno per noi ragazzi, era la scarsa presenza del gentil sesso. Presumibilmente, e in accordo alla legge della domanda e dell'offerta, le ragazze non vedevano la cosa in modo altrettanto negativo. Destino ha voluto che, nonostante le probabilità nettamente a sfavore, in quella rarefatta presenza ho trovato l'anima gemella, ma questa è una storia più adatta ad un rotocalco rosa che non alla celebrazione dei cinquant'anni di una facoltà.

Come dicevo, a scuola andavo bene in matematica, non altrettanto bene in fisica. Questa differenza di abilità cognitive mi sembrò drammaticamente confermata quando iniziai a studiare Fisica I. Una delle prime cose che si affrontano, e certamente una delle più elementari, è il moto rettilineo uniforme. Questo veniva semplicemente e giustamente descritto nelle dispense con la ben nota formula ' $v = \text{cost}$ '. Sembra impossibile che una formula del genere possa creare problemi ad uno studente di Ingegneria non completamente privo di intelletto, e invece questo è proprio ciò che è avvenuto nel mio caso, a causa della bizzarra interpretazione della parola 'cost' come 'cos(t)', il che mi portò a chiedermi per quale arcano motivo in un moto uniforme la velocità dovesse essere uguale al coseno del tempo. Non potendo ovviamente dare una risposta logica a questa domanda senza senso, dedussi che ero sì bravo in matematica, ma totalmente negato per la fisica. Non ricordo quanti giorni ci sono voluti per farmi capire che quelle quattro lettere altro non erano che l'abbreviazione di 'costante', e quanti altri giorni ho passato a darmi del cretino.

Superato questo scoglio sono riuscito a dare, più o meno agevolmente, gli esami dei primi due anni, fino a che mi sono trovato di fronte a Fisica Tecnica, il primo vero esame di Ingegneria, inserito a tradimento da qualche mente diabolica nell'etereo mondo matematico-fisico del biennio. Dopo anni passati ad ascoltare matematici che ci ripetevano che pi greco non è tre e quattordici, ma ha un numero senza fine di decimali, arrivava questa strana materia dove i costruttori di caminetti usavano, al posto dei mattoni, delle equazioni matematiche, ma le torturavano a tal punto da costringerle a confessare la soluzione più conveniente per i loro aguzzini, soluzione usata poi senza scrupoli e impunemente giustificata senza bisogno di geometrici giuramenti.

Come in tutte le facoltà, nel corso degli anni gli argomenti degli esami passano dai massimi sistemi (leggi matematica e fisica) ad argomenti sempre più specialistici e con un uditorio sempre più ridotto. Alcuni dei corsi del quinto anno si svolgevano in piccole stanze, con un numero di studenti che si poteva contare sulle dita di una mano. Come ovvio attendersi, nel nostro caso questi esami erano molto tecnici. In uno di questi c'era una parte finale, che mi pare si intitolasse 'telematica' o qualcosa del genere, in ogni caso una parola per i tempi inusuale, nella quale venivano fornite alcune anticipazioni sulla tecnologia del prossimo futuro, sullo stile 'le meraviglie del duemila' delle riviste anni Cinquanta e Sessanta. Queste tecnologie non erano ancora arrivate nelle nostre case o negli uffici, e noi avevamo il privilegio di conoscerle in anteprima. Tra queste meraviglie futuribili vorrei citarne due, il televideo e il telefax. A uno studente di oggi queste parole risvegliano al massi-

mo qualche ricordo infantile di racconti dei genitori o dei nonni, più o meno come quando a noi raccontavano del calamaio o quando vedevamo un grammofono in un negozio di antiquariato.

E come non ricordare il periodo della tesi, con i dopocena passati a scriverla sui primi PC, la rilegatura dal mitico Sguanci, la consegna di corsa e la discussione. Quest'ultima era fonte di notevole ansia; dovevamo parlare, la maggior parte di noi per la prima volta, davanti ad un pubblico, seppur ridotto e rinforzato da una claque molto partigiana, precettata tra parenti ed amici. Era però questo l'ultimo scoglio che ci divideva dal tanto atteso 'pezzo di carta', il diploma di Laurea.

Era quella, alla metà degli anni Ottanta, un'età dell'oro, purtroppo mai più tornata, nella quale, con stupore unito a soddisfazione, ricevevamo lettere a casa da tutta Italia, a cui seguivano i viaggi in treno per partecipare ai colloqui di lavoro. E si arrivava finalmente ai primi giorni da neoassunto, nei quali, a dispetto delle malelingue e della più volte ascoltata frase «tutto quello che avete studiato non vi servirà a niente, dovrete ricominciare da zero», si scopriva invece che almeno una parte delle conoscenze faticosamente incamerate servivano a qualcosa. La cosa più interessante per un ex studente squattrinato era però il cosiddetto 'miracolo del ventisette', cioè il giorno in cui, più puntuale del sangue di San Gennaro, si materializzava la busta paga. Anche se non si trattava di grandi cifre, bastava non finirle nei trenta giorni successivi, perché il miracolo si ripeteva con singolare regolarità. Insomma, ci si poteva permettere di andare al ristorante, senza esagerare, ma senza farsi troppi conti in tasca.

Una volta passata l'euforia per queste periodiche iniezioni di liquidità, si realizzava che esse non erano completamente disinteressate, ma richiedevano in cambio un contributo significativo, sotto forma di prestazione intellettuale. Il fatto di essere in grado di rispondere adeguatamente a questo tipo di richiesta è senza dubbio in gran parte dovuto alle ore passate a Santa Marta e dintorni.

Tornando alla storia della Fisica Tecnica e alla sua strana convivenza con altre materie puramente teoriche, una volta entrati nel mondo del lavoro ci si accorge che questa schizofrenia si estremizza ulteriormente. Può infatti capitare di trovarsi un giorno a dover valutare tempi e costi di un'attività di tipo manifatturiero e il giorno dopo a ragionare di algoritmi e formule matematiche ormai dimenticate, da rinfrescare con santa pazienza. Un esempio eclatante dell'importanza della teoria si ha nel controllo di assetto dei velivoli e dei satelliti, dove rispuntano vecchie conoscenze, risalenti addirittura al primo anno di studio. Si tratta di quelle strane entità chiamate autovalori e autovettori, alle quali si accompagnano creature ancora più astratte ed evanescenti, i quaternioni di Hamilton. E si scopre, con una certa sorpresa, ma anche con la consolazione di non aver sprecato tempo sui libri, che queste non sono bizzarrie nate per gioco dalla mente di qualche matematico stravagante, ma sono invece necessarie per descrivere l'assetto di un satellite e far sì che le sue antenne puntino dove devono. In pratica, assicurano che la finale della coppa del mondo giocata al di là dell'oceano possa essere vista da qualche milione di telespettatori anche in Italia. E se è vero che un puntamento meno accurato ci avrebbe risparmiato, nel 1994, la triste visione della sconfitta ai rigori contro il Brasile, incolpare Hamilton per questo sarebbe quanto meno ingeneroso.

Posso parlare di questi argomenti perché, dopo una breve parentesi come sistemista di apparati radar, ho passato la maggior parte della mia carriera nello strano mondo dell'industria spaziale, dapprima a Firenze, nella gloriosa ditta che ancora mi ostino a chiamare 'Officine Galileo', ma che oggi, dopo innumerevoli cambiamenti di nome, si chiama 'Leonardo'. Per la seconda parte della mia vita lavorativa mi sono trasferito, come direbbe Eugenio Finardi, «alle porte del cosmo, che stanno su

in Germania»<sup>1</sup>, dove ho fatto parte dell'organizzazione che gestisce i satelliti meteorologici europei. Questa esperienza internazionale mi ha confermato ciò che si dice comunemente, e cioè che gli ingegneri italiani sono estremamente apprezzati, a dispetto dei ranking internazionali che, a mio parere ingiustamente, penalizzano le nostre università, a maggior ragione nel caso di Firenze.

Sono passati quasi quarant'anni dal primo giorno di lavoro e più di quarantacinque dalle prime lezioni. Oggi, da neopensionato, fa un certo effetto ripensare a questo tempo e a tutto ciò che è venuto dopo. L'università mi ha permesso di conoscere amici che ancora frequento ed è senza dubbio il ricordo di uno dei periodi più belli della vita (al di là dell'età e della parentesi rosa di cui sopra), per cui è stato un grande piacere, nonché un onore, avere la possibilità di condividere i miei ricordi personali e di unirli a quelli di altri colleghi, sperando che la loro lettura non induca una sonnolenza repentina e, soprattutto, non faccia pensare ai giovani, futuri ingegneri o futuri tiktokker che siano, quello che talvolta pensavamo ai tempi, e cioè quanto pedanti e un po' patetici sono i racconti delle persone di una certa età, categoria alla quale non riesco ancora a capacitarmi di appartenere.

Ricordi della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze

*Gabriele Guidi*

Gabriele Guidi è professore presso la Scuola di Informatica, Calcolo e Ingegneria e direttore del Virtual World Heritage Lab dell'Indiana University, Bloomington. Dalla fine degli anni '90, ha iniziato a studiare l'imaging ottico 3D con approcci attivi e passivi, sviluppando un ampio programma di ricerca dedicato alla digitalizzazione 3D per il patrimonio culturale. Il programma comprende argomenti quali la fusione di sensori 3D, la caratterizzazione e la calibrazione dei sensori, l'elaborazione di dati 3D, i gemelli digitali nel patrimonio culturale, il restauro digitale, l'integrazione di dati multidisciplinari per la produzione di contenuti per il patrimonio virtuale, l'estrazione di informazioni da dati 3D e le applicazioni per musei virtuali/aumentati.

Tutto il percorso di ingegneria tra il biennio in viale Morgagni e il triennio a Santa Marta (che nel mio caso diventò un quinquennio) è costellato di sofferenze uniche ma anche di aneddoti esilaranti che, almeno in quegli anni pre-internet, si tramandavano per tradizione orale da una generazione all'altra di studenti.

Tra i personaggi più coloriti, sebbene molto competente nella sua materia e di grande efficacia didattica, mi ricordo piuttosto bene il Prof. Umberto Tiberio, che insegnava Geometria e Algebra Lineare. Era sicuramente un beniamino di tutti gli studenti del biennio per la sua natura bonaria, un po' distratta, e una certa aria 'da solletico' che alleggeriva le sue lezioni con momenti di assoluta comicità a volte anche involontaria. Tra questi episodi forse il più eclatante, che peraltro conferma il livello di distrazione dei geni, è quello della moglie che durante una lezione di fronte a circa 300 matricole piomba in classe urlante e incurante del pubblico, e gli fa una scenata. Dalla conversazione si capisce gradualmente la situazione. Il Prof. aveva portato i bambini al parco e, distratto com'era, arrivata l'ora vicina alla lezione era salito in macchina e si era precipitato in classe dimenticandosi letteralmente i figli al parco. Inarrivabile.

Un altro professore che ricordo con piacere al biennio, sempre per un mix tra abilità didattica e verve comica, è il Prof. Giovanni Frosali di Meccanica Razionale. A quei tempi era assistente del Prof. Aldo Belleni-Morante, titolare del corso. Sebbene entrambi dessero un'idea di grande competenza, erano due personaggi diametralmente

<sup>1</sup> E. Finardi. 1976. *Musica ribelle*. Edizioni Cramps Music.

opposti: signorile e pacato Belleni (che solo dopo molti anni scoprii che nel tempo libero suonava il flauto e si interessava d'arte, a conferma della sua natura intellettuale e gentile); esplosivo e caustico Frosali, che quando doveva spiegare il moto di un grave soggetto ad una forza laterale, e alla gravità, come il proiettile di un cannone sparato verso un bersaglio, identificava quest'ultimo negli esempi come 'il Prof. Belleni', scatenando le risate dell'aula.

Al triennio, i personaggi peculiari si moltiplicarono. Si andava da quelli irrimediabilmente presuntuosi e antipatici – e su questo eviterò di fare nomi per carità di patria – fino agli stand-up comedians (Luigi Millanta), passando per i comici involontari (Antonino Liberatore), noto per il suo leggendario « $x$  alla  $-1$ , elevato alla  $-1$ , il tutto elevato alla  $-1$ , ovvero  $x$  alla  $-3$ ». Per fortuna oltre a questi estremi c'erano anche professori straordinari sia per umanità che per capacità didattica, come il Prof. Gaetano Villari di Applicazioni di Matematica per l'Elettronica, uno dei pochi che riusciva a far capire in maniera semplice cose estremamente complicate. Oltre all'abilità didattica, una delle cose che ricordo con affetto è la sua sicilianità (era nato a Messina) che a volte emergeva nell'accento, soprattutto quando per esemplificare un concetto usava esempi tratti dalla vita quotidiana o dal mondo animale. Come quando durante una lezione, se non ricordo male sulla teoria dei residui, disse «prendiamo ad esempio l'insieme delle rondini» dove la parola «rondini» era pronunciata con doppia  $r$  iniziale e una  $o$  molto aperta, come avrebbe potuto pronunciarla Camilleri. In quel preciso istante aprì la porta il Prof. Enrico Manzini, di Scienza delle Costruzioni, che probabilmente voleva vedere se l'aula era disponibile, e di fronte a tanta sicilianità si limitò a esclamare «bacciamo le mani!» e richiuse la porta tra l'ilarità generale.

Ma il periodo che ricordo con più affetto è quello successivo alla laurea in Ingegneria, quando ebbi l'idea—imprudente o forse fortunata, considerando che oggi sono professore in un'università negli USA—di intraprendere un dottorato in Bioingegneria all'interno di un gruppo di Elettronici. All'epoca, da neolaureato, non potevo rendermi conto delle complesse dinamiche geopolitiche legate ai raggruppamenti disciplinari nell'università italiana, che in seguito mi avrebbero reso la vita difficile.

Iniziai il dottorato nel 1988 con il Prof. Carlo Atzeni come advisor formale. Atzeni era fisico di formazione e allievo di Nello Carrara (a sua volta compagno di corso di Enrico Fermi alla Normale di Pisa). Figlio di tanta scuola, era una figura di grande spessore intellettuale ma, allo stesso tempo, distante anni luce dai giovani dottorandi come me. Se da un lato questa situazione presentava qualche rischio, dall'altro si rivelò estremamente stimolante, grazie al fatto che l'interfaccia verso il Prof. Atzeni era il Prof. Piero Tortoli, all'epoca giovane ricercatore e assistente di Atzeni. Piero fu di fatto il mio advisor effettivo per tutto il periodo del dottorato (e anche oltre) ed è probabilmente la persona da cui ho imparato di più durante la mia permanenza all'Università di Firenze.

Anche Piero era un personaggio molto particolare, si potrebbe dire un atleta prestato alla scienza. Un passato da calciatore semi-professionista nelle squadre di serie minori come il San Godenzo, dove per un periodo diventò allenatore, sviluppando un modo tutto suo di interpretare un gruppo di ricerca che somigliava molto ad uno spogliatoio di una squadra di calcio, inclusa la separazione dei ruoli e dei compiti nella squadra, il briefing dopo partita (leggi dopo congresso), o lo spirito di squadra. Ma l'aspetto più caratteristico era il modo in cui trasferiva in ambito accademico lo spirito goliardico tipico del calcio. Una delle sue abitudini era affibbiare soprannomi a chiunque frequentasse il laboratorio. Nel nostro gruppo di dottorandi eravamo in due: Francesco Valgimigli, che aveva iniziato l'anno prima, e il sottoscritto. Lavoravamo spesso insieme e venivamo percepiti come una sorta di duo, tanto che Piero ci soprannominò

prontamente fava lessa e pippa al sugo. Attualmente non ricordo quale dei due appellativi fosse il mio, ma di certo nessuno dei due suonava particolarmente prestigioso, sventando il rischio di montarsi la testa.

Ma l'intensa attività scientifica, che mi ha consentito di essere coautore, insieme a Piero, di svariati articoli sulle IEEE Transactions (quelle sì, prestigiose), si è sempre sviluppato in parallelo ad attività collaterali che andavano dalla corsa campestre alle partite di calcio professori vs. studenti, in cui i docenti, inutile dirlo, si approfittavano bassamente della loro posizione di forza. Tra questi professori-calciatori non posso non ricordare il Prof. Alberto Tesi, un grande centravanti che non se la cavava male anche nel contesto accademico, tanto da essere eletto, più avanti, Rettore dell'Università di Firenze.

A conclusione del dottorato la faticosissima stesura della tesi si risolse con la produzione del tipico volumetto rilegato in tela verde che portai in dono, come di rito, ai miei due advisors. Atzeni, austero ma cortese, mi ringraziò e la mise nel suo affollato armadio delle tesi. Da lì passai all'ufficio di Piero che prese la tesi, la guardò, ne valutò lo spessore, e facendo oscillare la sua scrivania come se le quattro zampe non fossero in piano, fece l'atto di mettere la mia tesi, frutto di tre anni di duro lavoro, a mo' di zep-pa sotto una zampa. Epico.

#### La collina dei sogni

*Alessandro Lori*

Alessandro Lori è Chief Technology Officer di Verizon Connect, azienda leader nel software per la gestione di flotte di veicoli, e co-fondatore di Intuendi.com, innovativa start-up nel software per la gestione delle supply chain.

Sono nato a Firenze il 9 dicembre del 1981. Era mercoledì. Lo so con certezza, non perché i miei genitori me lo abbiano raccontato ai fini di un'esatta ricostruzione storica. Piuttosto, ne ho assoluta certezza per la quantità di moduli online che ho completato e completo ogni giorno quando mi registro a qualche nuovo servizio e che ti mostrano la data sul calendario. Come mai ciò avviene con tale significativa frequenza? Che ci faccio tutto questo tempo davanti ad un computer? Arriviamoci per gradi! Dunque, era mercoledì e io nascevo.

La mia famiglia abitava sulle pendici del Colle di Montughi, sul quale ha sede la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze, amichevolmente chiamata Santa Marta dal nome della via che conduce al monastero adiacente. Mia madre Maria insegnava lettere alle scuole medie. Sebbene incline alle materie scientifiche, la sua famiglia aveva fortemente ostacolato quella strada, indirizzandola invece verso gli studi classici, allora ritenuti 'più affini' a una donna. Nonostante ciò, aveva comunque ereditato dal padre il rispetto verso la figura dell'ingegnere. Mio nonno Ruggero, nato nella campagna toscana da una famiglia modesta, aveva potuto studiare solo dopo la Seconda guerra mondiale grazie alle scuole serali, conseguendo un diploma di perito elettrotecnico che gli aveva permesso di fare una discreta carriera nelle Ferrovie dello Stato. All'apice della carriera, era divenuto il braccio destro di un ingegnere, figura importante e massima autorità del dipartimento, temuto e ammirato da tutti, anche probabilmente per quel titolo, all'epoca mi dicono alquanto raro e altisonante. Cosicché, tornando al 'fascino' dell'ingegnere, quando mia madre conobbe mio padre Michele, anche lui perito come mio nonno, ma elettronico industriale, il fatto che fosse iscritto alla Facoltà di Ingegneria a Firenze e frequentasse Santa Marta contribuì probabilmente in qualche misura a far scoccare l'amore. Purtroppo mio padre, diviso tra studio e lavo-

ro, non riuscì a completare gli studi. Cosicché, quando arrivammo io e, poco più tardi, mio fratello Stefano, mio padre era già entrato nelle Ferrovie dello Stato e viaggiava per l'Italia come macchinista.

Con mio padre spesso in viaggio, era prevalentemente mia madre che ci accompagnava al nido la mattina. Il tragitto verso la scuola passava proprio davanti a Santa Marta. Ogni mattina, mia madre rallentava e con un tono a metà fra il sognante e il minaccioso, ci indicava la Facoltà di Ingegneria, dicendo: «un giorno, quando sarete grandi, studierete qui»! Non so dire per quanto tempo andò avanti quel rito – probabilmente proseguì ben oltre la scuola dell'infanzia – né quanta influenza ebbe effettivamente su di me. Ma in ogni caso, Santa Marta fin dalla tenera età rappresentava per me non solo un luogo, ma un punto di riferimento, una sorta di stella polare, un sogno. Nella mia mente di bambino, era lì che si faceva l'innovazione tecnologica. Immagino schiere di scienziati in camice bianco, moderni alchimisti intenti a trasformare le idee in circuiti e la materia in calcolatori, fino a dar loro vita con la programmazione!

Sebbene mio padre avesse intrapreso una carriera differente, la sua passione verso la tecnologia, ma soprattutto verso i computer, fu travolgente e indubbiamente mi influenzò fin dalla tenera età. Fu lui che portò a casa il nostro primo computer, un Commodore 16, corredato di numerosi manuali e listati di programmi. Non avevamo infatti floppy disk né cassette da cui caricare videogiochi: per poter giocare l'unica via percorribile per dei bimbi che avevano appena imparato a leggere e scrivere era copiare da un libro videogiochi scritti in linguaggio BASIC, linea per linea, pagina per pagina. Una volta terminato l'immane lavoro da amanuense e copiato il listato, provavamo ad eseguire, sperando di non aver fatto errori nel copiare, cosa che purtroppo accadeva sistematicamente e ci costringeva a un'estenuante ricerca dell'errore. Anni dopo imparai che quello che facevamo era un primo approccio al debug, la sistematica ricerca di bug in un software, attività che a oggi a distanza di decenni non ho ancora abbandonato! Passavano gli anni, io crescevo e continuavo a esplorare il mondo della tecnologia grazie a mio padre e ai computer che portava a casa negli anni: Commodore 64, versione bianca, versione scura, IBM PS/2 80386, il primo pc assemblato con a bordo un Intel Pentium e così via.

A scuola ero sempre andato bene, incluso i primi anni di liceo scientifico. Fu intorno al terzo anno che cominciarono i guai. Mi ritrovai diviso tra due mondi: da un lato il ragazzo diligente che studiava e passava ore a giocare con il computer di famiglia; dall'altro gli amici, le ragazze, ma soprattutto il rock&roll. Erano gli anni di Green Day, Nirvana, The Offspring. E dei NoBleach, la mia band punk rock, dal sound rigorosamente californiano, ma dall'animo fiorentino. Insieme agli amici Lorenzo e Giacomo inseguivamo il sogno di una vita da musicisti. Le mie giornate trascorrevano tra ore alla chitarra a casa, in sala prove con la band o fuori con gli amici. E ovviamente a scuola. Ovvio che la mia media ebbe un tracollo degno del miglior vuoto d'aria di un'intensa turbolenza in alta quota! In qualche modo però, nella mia testa, tutto era calcolato. Sapevo cosa volevo fare, che avrei avuto l'opportunità di studiare qualche anno più tardi, all'università, alla Facoltà di Ingegneria: io da grande avrei studiato a Santa Marta! Questo sentimento si rafforzò ulteriormente quando incontrai il mio amico Gianni, dottorando di ingegneria, venuto in mio soccorso per rimettere a posto le mie conoscenze di matematica. Durante le ore di studio a casa sua finivamo immancabilmente a parlare di computer, del sistema operativo Linux, di programmazione in C o sicurezza informatica. Quanto era eccitante quel mondo, anche io volevo farne parte.

Fu così che la mia media si mantenne sempre al di sopra della sufficienza, quanto meno nei momenti importanti, e nel settembre del 2000 mi immatricolai alla Facoltà di Ingegneria, varcando finalmente le porte di Santa Marta, il luogo che per anni ave-

vo solo immaginato dal finestrino dell'auto di mia madre. Oltre alla scienza, a Santa Marta conobbi alcune tra le persone più importanti della mia vita. Il primo fu Benny, studente lucano fuori sede, gran cervello, ma anche brillante musicista jazz, funky, blues, un virtuoso della chitarra. Quando con i NoBleach registrammo il nostro primo e, ancora oggi, unico album, Benny fu doverosamente invitato a fare un cameo e ci regalò un meraviglioso assolo di chitarra, registrato su una vecchia chitarra classica appartenuta a mio zio, che Benny riuscì a far magicamente suonare quasi fosse uno Stradivari. Poi toccò a Luciano, detto lo Scottish, perché nato in Scozia da famiglia di origini italiane, rientrato in Italia adolescente, in tempo per diventare campione italiano di karatè tradizionale. Insieme a Luciano, ingegneria ci diede la possibilità di partecipare al progetto Erasmus e trascorrere un anno nella splendida Siviglia in Spagna. Esperienza incredibile, primo importante passo fuori da casa, che ci fece diventare cittadini europei, ma soprattutto del mondo e che ci fece apprezzare di più anche l'Italia e le opportunità che il nostro sistema educativo ci dava. E fu proprio a una festa studentesca di ingegneria che incontrai l'amore della mia vita, Valentina. Non ci conoscevamo, ma non era la prima volta che ci incrociavamo. Valentina, più giovane di me di un paio di anni, aveva frequentato infatti il mio stesso liceo e avevamo amici comuni, incluso mio fratello Stefano. Fu un colpo di fulmine! Dal nostro incontro iniziammo a frequentarci assiduamente e al rientro dall'Erasmus – anche per Valentina sempre in Spagna, a Granada – ci laureammo e iniziammo a vivere insieme. Ci sposammo nella primavera del 2012 e negli anni successivi arrivarono i nostri figli, Riccardo e Federico.

Dopo la parentesi spagnola mi mancava solo un esame per conseguire la laurea specialistica in Ingegneria Informatica, Fondamenti di Ricerca Operativa. Non avevo frequentato le lezioni, ma avevo tuttavia ricevuto recensioni molto positive del corso e soprattutto del Professore, tale Fabio Schoen. Non appena mi avventurai tra le pagine delle epiche dispense di Fabio, rimasi affascinato dalla materia, dagli algoritmi di cammino minimo su grafi alla programmazione matematica. Avevo finalmente trovato gli strumenti per ottimizzare il mondo e non capivo come mai in molti ambiti reali questi strumenti non venissero ancora adottati. La passione e l'entusiasmo di Fabio nell'insegnamento sono leggendarie, cosicché non potei che essere ancora più affascinato dal mondo dell'innovazione e della ricerca scientifica. Superato l'esame brillantemente – scivolai solo sulla domanda per la lode, non sapevo neanche di cosa stesse parlando, non avendo frequentato, mi ero decisamente perso qualcosa – non ebbi esitazione e chiesi a Fabio una tesi. Decisi, non appena laureato, di intraprendere un percorso di dottorato di ricerca in ingegneria dell'informazione presso l'Università di Pisa. Questo percorso mi permise di trascorrere alcuni mesi negli Stati Uniti presso UC Davis, un campus della University of California. Davis, piccolo paese agricolo la cui vita ruota intorno ad uno dei più grandi campus universitari della California, non era lontano da San Francisco e dalla Silicon Valley, quest'ultimo per me luogo mistico che visitavo ogni volta che ne avevo l'occasione. Se la ricerca scientifica mi aveva appassionato, trovavo irresistibile quel magico mondo di aziende che trasformavano l'innovazione tecnologica in prodotti software e hardware.

Intorno al 2010 molte università italiane cercavano di incentivare la creazione di *spin-off* universitarie. Al rientro in Italia e finito il dottorato, fu così che mi presentai da Fabio insieme a un collega, persuadendolo a fondare con noi una start-up, KKT. Non sapevamo bene cosa stavamo facendo, dove ci avrebbe portato quella strada e le difficoltà che avremmo incontrato. Non avevamo soldi, non avevamo clienti. Idee, quelle sì, tante, e questo ci bastava. Ci buttammo a capofitto nell'impresa e dopo due anni di fatiche per finanziare con la consulenza la creazione del nostro primo prodotto, nacque

Routist.com, software per l'ottimizzazione delle rotte di veicoli. La scelta era stata semplice: si tratta ancora oggi di uno dei più difficili problemi di ottimizzazione esistenti e a cui le nostre competenze potevano trovare una soluzione migliore di qualunque altro software in circolazione. Non facemmo quasi in tempo a lanciare il nostro prodotto, che ci ritrovammo acquisiti prima da Fleetmatics, scale up irlandese già quotata a Wall Street, poi da Verizon, colosso statunitense nelle telecomunicazioni.

Le competenze del team di Firenze ci posizionarono in azienda come centro di eccellenza per innovazione e tecnologie avanzate, soprattutto sul tema dell'Intelligenza Artificiale, permettendoci di aumentare negli anni anche le collaborazioni con Santa Marta. Oggi, quasi 15 anni dopo la nascita di KKT, dal mio ruolo di Chief Technology Officer di Verizon Connect, questo il nome dell'azienda oggi, guardo con orgoglio a ciò che abbiamo costruito: un centro di eccellenza tecnologica a Firenze, un ponte tra innovazione e realtà, dove lavorano professionisti della tecnologia, ricercatori, data scientist, software engineer, UX designers e product managers. Ospitiamo tirocinanti, studenti di dottorato e collaboriamo con importanti centri di ricerca in Europa e nel mondo.

Anche se negli anni i miei orizzonti e le mie responsabilità sono diventate globali, richiedendomi di viaggiare spesso nel mondo, la mia vita continua a gravitare intorno a Santa Marta, da cui qualche anno fa è iniziata una seconda avventura imprenditoriale, Intuendi.com, insieme a Fabio, Benny, oggi CEO della start-up, Luciano, e ad altri due brillanti ex allievi, Alessandro e Guido. Negli anni da studente a Santa Marta, abitando nei dintorni, andavo quasi sempre a piedi a seguire le lezioni, e camminando su e giù per il colle, mi ritrovavo spesso a fantasticare su come sarebbe stato vivere in una delle stupende residenze che ammiravo durante il tragitto. Quando qualche anno fa si presentò l'opportunità di trasferirsi realmente sul colle di Santa Marta, Valentina ed io non esitammo. Cosicché adesso sono io che, quando accompagno i miei figli e passiamo in prossimità della facoltà, pronuncio la fatidica frase: «Un giorno, quando sarete grandi, studierete qui!». Avranno ovviamente la libertà di scegliere la vita e gli studi che vorranno e io sarò felice se loro lo saranno, qualunque strada sceglieranno. Tuttavia, mi piace ripetere quelle parole, quasi come un augurio, una speranza, un desiderio che quelle parole li aiutino a trovare una strada che li porti lontano, ma rimanendo vicino, un po' come è successo a me, nato e cresciuto sul colle di Santa Marta.

Grazie Santa Marta!

*Marco Gori*

Marco Gori è attualmente professore ordinario all'Università di Siena, dove dirige il Siena Artificial Intelligence Lab. Si occupa di intelligenza artificiale. Il suo contributo scientifico principale è stato quello di aver contribuito all'introduzione delle Graph Neural Networks circa venti anni fa.

La Facoltà di Ingegneria di Firenze non è solo un pezzo dei miei studi e della mia carriera accademica, è soprattutto un pezzo di vita. Ingegneria a Firenze non mi ha solo 'insegnato un mestiere', ma ha primariamente condizionato i miei sogni, il modo in cui quotidianamente penso, verosimilmente il modo con cui vedo il mondo. Ho alcune storie da mettere nella *Memorabilia* che si incorniciano in tre periodi.

Il primo periodo è a Careggi, in aule enormi dove si ammassavano gli studenti. Era difficile seguire le lezioni, ma guardandomi indietro non riesco ancora a capire come potesse Aldo Belleni Morante incantare centinaia di studenti con la Meccanica Razionale senza che prevalesse il rumore di fondo che uno si aspetta con quei numeri. Ma la spiegazione potrebbe essere semplice: come altri professori in quegli anni a Firenze, Belleni riusciva a far emergere la Bellezza che risiede nelle discipline fondamentali.

Ricordo le mie curiosità, la mia voglia di conoscere, le mie grezze intuizioni che trovavano finalmente la giusta collocazione formale. Il biennio di Ingegneria, con i suoi problemi di aule enormi, con studenti ammassati, è stata semplicemente per molti di noi una grande opportunità di crescita scientifica e professionale. Il segreto forse era semplicemente che i professori erano bravi e che quella contiguità con il Dipartimento di Matematica 'Ulisse Dini' faceva bene. E' stato per me un privilegio accedere a quegli Studi, che si è poi congiunto con esperienze divertenti e stimolanti soprattutto con alcuni compagni di corso. Devo ancora saldare i debiti contratti con Alberto Tesi, che mi raccoglieva al volo con la sua 126 turchese da autobus in perenne ritardo proveniente da Pistoia. Non c'era solo quel vantaggio: Alberto faceva parte di un gruppo di studenti decisamente fuori dal comune che erano realmente appassionati agli studi. Tra questi penso a Paolo Carraresi, una vita nell'orbita degli impianti autostradali. Non l'ho più rivisto; forse era quello che più di tutti incorniciava subito l'Algebra Lineare. Carlo Bagnoli invece, che ha vissuto nel mondo delle architetture dei sistemi di calcolo, con esperienze di alto livello in diverse aziende inclusa STMicroelectronics, era quello che spingeva tutti a guardare oltre, ricordandoci che eravamo allievi ingegneri. Marco Casini, una vita dedicata ad un'importante azienda nel settore del controllo numerico che ha contribuito anche a creare, arricchiva le nostre discussioni da angolature raffinate legate alla sua cultura classica. Era difficile non notare Andrea Iacometti, un ragazzone intelligente, alto, con capelli lunghi neri, uno con cui era sempre piacevole scambiare idee. Era per noi lo Jacobiano. Non ricordo più la genesi del soprannome, ma certamente era così alto che ci potevano alloggiare dentro molte derivate parziali!

Il secondo periodo è quello dei miei studi a Santa Marta. A volte ci arrivavo a piedi dalla Stazione di Rifredi. Quelle stradine strette che si avvolgono sul poggio avevano – e conservano tuttora – un innegabile fascino. Dal rumore di Careggi, il passaggio sul colle e quelle viste di Firenze dall'alto mi apparivano come un ulteriore privilegio, che mi spingeva – penso assieme ad altri – a sperimentare il lavoro duro, quello che è adesso forse un po' più difficile da pubblicizzare. C'era un unico svago: il campetto di calcio nell'attuale parcheggio. Qui il ricordo incrocia ancora Alberto Tesi: come lui amavo il calcio. C'era però una differenza significativa che mi torna alla mente quando scherzo con i miei amici di infanzia. Uso dire loro che avevo due strade davanti a me: studiare o fare il calciatore professionista. Ad un sapiente silenzio segue poi una reazione lapidaria di uno di loro: «Meno male che hai studiato!». Mi conoscono bene e hanno ragione. Per Alberto era diverso; forse lui aveva davvero una scelta davanti a sé. Questo appariva subito quando andavamo a giocare a calcio nell'attuale parcheggio di Santa Marta. Lo squilibrio era tale che solo Alberto riusciva a colmare. Con la consueta umiltà che contraddistingue alcune persone di alto profilo, per non farci deprimere troppo, penso usasse grosso modo la metà delle sue risorse! C'è sempre stato comunque poco tempo per il calcio, mentre le discussioni dopo le lezioni erano per me una delle parti più belle. Santa Marta era finalmente l'Ingegneria che iniziava a manifestarsi in tutta la sua ricchezza. L'eleganza di Leonardo Masotti emergeva da ogni angolatura. Il connubio con le sue importanti esperienze professionali e la sua capacità comunicativa si completavano con i contenuti fondazionali di Gaetano Villari e di Mauro Marini sulla Matematica Applicata. Ingegneria in quegli anni esponeva i candidati ingegneri elettronici anche a corsi su argomenti di altri ambiti. Eppure, il desiderio di sapere di più sull'Elettronica che stava esplodendo non ha per niente ostacolato il mio piano di seguire sistematicamente il corso di Scienza delle Costruzioni. Assistere alle lezioni di Franco Angotti era per me bellissimo: depositava sulla lavagna la teoria dell'elasticità con eleganza, con rigore, con uno stile che avevo imparato a riconoscere al biennio. Ingegneria a Santa Marta era anche un piano sotterraneo buio con un perforatore di sche-

de, era dove l'informatica provava a decollare. C'era la spinta dei matematici dell'Ulisse Dini, c'erano Francesca Cesarini e Giovanni Soda che facevano da ponte. A Firenze, gli algoritmi sono atterrati anche così. In quegli anni stava poi decollando il mondo delle architetture dei sistemi di elaborazione sotto la guida di Giacomo Bucci. È stato lui che ci ha svelato come fanno i computer a fare le somme e ad eseguire algoritmi, con linguaggio schietto e diretto. È in quel clima che è sorto il mio interesse per i computer, che mi ha poi condotto a lavorare ad una Tesi di Laurea sui sistemi multiprocessore. A distanza di tanti anni continuo a pensare che quella Scuola, che si preparava ad ospitare la rivoluzione dell'informatica, riusciva a coinvolgere gli studenti, offriva loro gli stimoli necessari per liberare la propria energia. Quella Scuola è riuscita a farmi amare quello che studiavo, è riuscita a darmi anche le motivazioni per affrontare un argomento ancora molto lontano da quanto avevamo studiato. La tesi era seguita da Giovanni Soda ed il tema era sicuramente nuovo anche per lui. Ma era un uomo di mare che non si spaventava di fronte alle burrasche. Mi ha sempre seguito con passione, dispensando consigli e creando costantemente forti motivazioni. Da quel lavoro uscì un prototipo di un sistema multiprocessore dove venne sviluppato in hardware il sistema di arbitraggio del bus e il software per l'estensione del sistema operativo MP/M. Ho speso molto tempo in quel progetto, decisamente molto di più di quanto mi sarebbe servito per laurearmi con gli stessi risultati. Non rimpiango nemmeno un minuto di quel tempo. Era un lavoro con forte componente sperimentale, non c'erano i laboratori per sviluppare quell'hardware, ma mi attraeva moltissimo. Da ventenne a Bottegone, in provincia di Pistoia, dove abitavo da studente, avevo progettato e realizzato i circuiti elettronici per le luci psichedeliche nelle due discoteche di quegli anni ed avevo quindi qualche esperienza di elettronica. Tuttavia, quel percorso si concluse molto bene grazie soprattutto alla collaborazione con Carlo Bagnoli, l'altro studente che il Prof. Soda aveva coinvolto nel progetto. Carlo non solo era bravissimo, ma conosceva molto meglio di me quel mondo che stava esplodendo. E' stato un privilegio lavorare con lui sotto la regia del Prof. Soda. Come talvolta accade negli studi, Ingegneria a Firenze mi ha fatto non solo incrociare persone con cui ho stabilito importanti rapporti professionali, ma anche rapporti di amicizia. Carlo è sicuramente uno di questi.

Il terzo periodo corrisponde all'inizio della mia attività di ricerca. Santa Marta non aveva smesso di esercitare per me un'attrazione anche dopo la laurea. Iniziai un Dottorato di Ricerca in Ingegneria dei Sistemi consorziato tra le Università di Bologna, Padova e Firenze. I corsi erano divisi tra le tre sedi, ma la mia attività di ricerca si svolgeva a Firenze. Giovanni Soda è stato il mio mentore. Il suo spirito di avventura non mi aveva solo attratto per lo studio della tesi. Dalle sale cinematografiche, l'Intelligenza Artificiale iniziava a presentarsi nelle Università. Si iniziava anche a odorare l'onda connessionista con le reti neurali artificiali. Giovanni ne intuì la portata e rinforzò il mio interesse a studiare qualcosa che, in quegli anni, era decisamente ortogonale non solo al mondo dell'informatica, ma anche a quello dell'Intelligenza Artificiale. A Firenze, come nelle altre scuole di ingegneria in Italia, erano le tradizioni della Meccanica, dell'Ingegneria Civile, dell'Elettrotecnica e dell'Elettronica ad affermarsi e a 'trovar parcheggio'. Mentre quelle 'auto' parcheggiavano normalmente e all'Informatica si dava un po' di spazio, l'Intelligenza Artificiale era solo seduta sul sedile posteriore dell'Informatica. Le Reti Neurali erano chiuse nel bagagliaio! Giovanni non aveva timore di aprire il bagagliaio e di discutere le prospettive di studi così poco ortodossi. È facile adesso concludere che l'intuizione era giusta, ma in quegli anni fu davvero una grande sfida. David Rumelhart e James McClelland avevano da poco lanciato i modelli cognitivi connessionistici e Geoffrey Hinton aveva appena iniziato il percorso che lo ha poi condotto al Turing Award ed al Premio Nobel per la Fisica. Quando iniziai a frugare dentro i loro

primi articoli mi intrigò soprattutto l'idea che si stavano cercando basi per interpretare i processi cognitivi in modo simile in natura e nelle macchine. L'idea che si potesse usare la metafora biologica per costruire macchine che apprendono mi aveva così attratto che il mio mentore decise che invece di assisterlo sui suoi temi di ricerca sulle basi di dati a Firenze, avrei dovuto seguire la mia strada. Credo che questo sia stato un altro dei segni di grande apertura mentale del Prof. Soda. Assieme a Roberto Genesio favorì il mio stage alla McGill University di Montréal, che oggi è sicuramente una delle città simbolo dell'esplosione dell'IA. Roberto, che avevo imparato ad apprezzare per i suoi intriganti seminari al Dottorato, provenendo da Torino, conosceva Renato De Mori, il Direttore del laboratorio della McGill University. Scrisse una lettera di referenza che sicuramente contribuì ad aprirmi la strada. In quegli anni difficili per le Reti Neurali sento però il dovere di ricordare che gli ordinari conflitti accademici dovuti a diverse aree di ricerca nell'Informatica furono gestiti con visione scientifica, in modo bilanciato e grande senso di responsabilità. L'Informatica che si stava affacciando era molto ben interpretata anche dalla visione di professori come Vito Cappellini e beneficiò molto dall'arrivo a Firenze di Alberto Del Bimbo, che ha poi costruito uno dei laboratori di Visione più importanti in Europa.

Nel mio ruolo di professore all'Università di Siena sento il dovere di riconoscere il contributo fondamentale che Ingegneria a Firenze ha giocato per la nascita di Ingegneria a Siena. Mi piace leggere quel contributo come il segno che, già a metà anni '90, la Scuola di Santa Marta era già molto ricca ed aveva contribuito alla formazione di molti giovani ricercatori. Ingegneria a Santa Marta, col suo cancello che cigolava violando al buio il silenzio degli accessi fuori orario, col suo cancello che la scherma da tutto quello che capita in via Massaia, è un pezzo della mia vita che custodisco con cura dentro di me. Grazie Santa Marta!

50 anni fa a Santa Marta

*Stefano Manetti*

Stefano Manetti si laurea in ingegneria elettronica presso l'Università degli Studi di Firenze nel 1977, dove è poi divenuto ricercatore e professore di Teoria delle Reti. Dopo un breve periodo all'Università della Basilicata è tornato a Firenze come ordinario di Elettrotecnica. A Firenze è stato anche Preside della Facoltà di Ingegneria dal 2009 al 2013 ed è attualmente professore Emerito. I suoi interessi di ricerca includono la teoria dei circuiti, le reti neurali, la diagnostica dei guasti nei circuiti elettronici e l'analisi simbolica dei circuiti analogici.

I 50 anni della Facoltà/Scuola di Ingegneria di Firenze io li ho vissuti tutti, di persona, prima come studente e poi come docente: borsista, Ricercatore, Professore Associato, Professore Ordinario e anche Preside.

Mi sono immatricolato come studente nell'ottobre del 1970, ho terminato la mia carriera universitaria andando in pensione nell'ottobre del 2021, sono, per l'appunto, 50 anni accademici precisi.

Per la verità c'è stata una breve interruzione: nel 1994 ho vinto il concorso per Professore Ordinario e sono stato chiamato dall'Università della Basilicata, a Potenza, dove sono rimasto per due anni accademici. Devo confessare però che anche in quei due anni la mia frequentazione della Facoltà di via Santa Marta è stata piuttosto assidua.

I miei ricordi di studente di Ingegneria partono quando la sede della Facoltà non era ancora a Santa Marta. Ricordo la prima lezione che ho frequentato, era di Analisi Matematica I, si svolgeva in un'aula dell'Istituto di Chimica di via Capponi, ed era tenuta dal Prof. Manselli. In quel primo anno la sede delle lezioni cambiò più volte, do-

po un po' di tempo le lezioni si spostarono nelle aule di matematica all'Ulisse Dini e, ad un certo punto, divenne disponibile per la Facoltà una parte del complesso di Santa Marta e, per le lezioni, l'edificio prefabbricato di viale Morgagni.

Uno dei primi ricordi che ho, relativamente alla sede di Santa Marta, riguarda la mia partecipazione ad un episodio di contestazione studentesca. La nostra rivendicazione era molto 'soft': chiedevamo una nostra rappresentanza nel neonato Consiglio di Facoltà. Come forma di protesta decidemmo di entrare in massa nell'aula in cui si svolgeva il Consiglio, interrompendone i lavori. Il Consiglio di Facoltà si svolgeva nell'aula 111 (ora aula 45), aula nella quale si sarebbero svolti quasi tutti i Consigli di Facoltà nei decenni successivi.

Il giorno fissato per il Consiglio aspettammo una mezzora, per far sì che i lavori fossero iniziati, e poi aprimmo le porte ed entrammo tutti (eravamo 30-40 studenti) nell'aula. Le reazioni dei Docenti membri del Consiglio furono le più varie: alcuni reagirono scherzosamente, altri con un moderato disappunto, ma ce ne furono anche alcuni che reagirono molto animosamente. In particolare, mi ricordo due docenti che cominciarono ad urlare intimandoci di uscire subito dall'aula, ma la protesta proseguì e il Consiglio fu interrotto. Questi due Docenti erano il Prof. Mario Calamia e il Prof. Antonino Liberatore, che allora ovviamente non conoscevo ma dei quali, negli anni successivi, sarei diventato collega. In particolare, con il Prof. Liberatore ho iniziato la mia carriera universitaria e ho poi lavorato e collaborato a stretto contatto con lui per più di vent'anni.

A seguito di questo ricordo mi sono chiesto se il Prof. Liberatore, dopo avermi conosciuto, mi avesse mai ricollegato a questo episodio. La risposta a cui sono pervenuto è: probabilmente no. Sono arrivato a questa conclusione sulla base di un altro ricordo: quando oramai lavoravo con Liberatore da diversi anni, una volta il professore mi disse: «Mi ricordo di te quando eri studente, che aspettavi l'inizio della lezione, con la tua barba, appoggiato alla porta dell'aula che fumavi una sigaretta...». Io non ebbi la prontezza, o la voglia, di contraddirlo, perché io, quando ero studente, non avevo la barba e ancora non avevo il viziaccio del fumo! Evidentemente nei suoi ricordi il professore mi scambiava per un altro studente.

Come si può immaginare, i ricordi accumulati in 50 anni di attività sono innumerevoli e riguardano eventi ed episodi belli e meno belli. Sono consapevole che, con l'avanzare dell'età, entra in gioco un meccanismo di autodifesa che tende a ricordare soprattutto gli eventi appaganti e di soddisfazione e a dimenticare o sfumare gli episodi meno gratificanti ma, anche tenendo conto di questo meccanismo, sinceramente e razionalmente, devo dire che il numero di bei ricordi della mia vita a Ingegneria supera di gran lunga i ricordi meno belli.

Visione a lungo termine

*Giacomo Nannicini*

Giacomo Nannicini è professore associato nei Daniel J. Epstein Department of Industrial & Systems Engineering e Ming Hsieh Department of Electrical and Computer Engineering alla University of Southern California, Los Angeles. Ha conseguito una laurea triennale nel 2004 e una laurea magistrale nel 2006 in Ingegneria Informatica all'Università di Firenze. Dopo il dottorato all'École Polytechnique, è stato post-doc alla Carnegie Mellon University e al Massachusetts Institute of Technology, assistant professor alla Singapore University of Technology and Design e ricercatore a IBM T.J. Watson.

Da studente non avevo idea di come funzionasse il mondo della ricerca accademica e scientifica più in generale. Avevo una minima impressione che potesse portare a un mestiere interessante, ma nulla più. Di conseguenza, non avevo mai pensato di fare un

dottorato in un'altra università per avere un titolo di studio più prestigioso: non perché non avessi fiducia nelle mie capacità, ma perché non mi rendevo conto dei vantaggi che avrebbe potuto portare, e non ne vedevo il motivo.

Fortunatamente, a Santa Marta non mancavano professori con più visione a lungo termine di me. Mi ero appassionato a due materie: l'intelligenza artificiale e la ricerca operativa. In entrambe le discipline avevo provato ad avvicinarmi alla ricerca tramite le tesi: quella triennale in intelligenza artificiale col Prof. Paolo Frasconi, e quella magistrale in ricerca operativa col Prof. Fabio Schoen. I corsi avevano sicuramente stuzzicato il mio interesse: non mi era del tutto chiaro che impatto avessero nel mondo industriale (l'intelligenza artificiale, o più precisamente, machine learning, non aveva ancora avuto l'impatto esplosivo che invece ha adesso), ma quantomeno gli argomenti mi sembravano interessanti. E soprattutto, la matematica usata nella ricerca operativa piaceva.

Durante il lavoro per la tesi magistrale, giocavo vagamente con l'idea di fare un dottorato a Santa Marta. Mentre mi guardavo in giro per informarmi su come funzionasse, ne parlai col supervisore di tesi, che mi disse qualcosa del genere: «Se vuoi fare un dottorato a Firenze saremmo contenti di averti, ma la carriera accademica in Italia è dura, e andare all'estero potrebbe aiutarti molto. Un collega a Parigi sta cercando uno studente di dottorato: vuoi che ti metta in contatto?». È passato molto tempo, quindi non ricordo le parole esatte; nella mia memoria l'opinione sulla difficoltà di fare carriera accademica in Italia era più colorita di quella che ho scritto sopra, ma è possibile che mi sbagli e l'enfasi sia un frutto dei miei ricordi. Comunque accettai l'offerta: mi misi in contatto col collega nell'area metropolitana parigina (Leo Liberti), e il dottorato alla fine l'ho fatto all'École Polytechnique.

Venti anni dopo, sto ancora facendo ricerca operativa. Buona parte della (poca) matematica che mi sembra di conoscere l'ho imparata a Firenze, e funziona ancora. Col tempo, ho anche trovato il modo di utilizzare altre materie che ho incontrato per la prima volta a Santa Marta: un po' di intelligenza artificiale, e la teoria della complessità computazionale. Col Prof. Schoen sono rimasto occasionalmente in contatto, e quando ho saputo che stava andando in pensione gli ho scritto: «Grazie per avermi insegnato qualcosa e trasmesso la passione per l'ottimizzazione» (N.B.: l'ottimizzazione matematica è una disciplina che fa parte della ricerca operativa). E all'Università di Firenze: grazie per dei docenti che avevano a cuore il futuro degli studenti.

Io ed Ingegneria

*Renzo Nesti*

Renzo Nesti ha conseguito la laurea in Ingegneria Elettronica nel 1996 e il dottorato di ricerca in Informatica e Telecomunicazioni nel 2000 presso l'Università di Firenze. Dal dicembre 1999 lavora presso l'Istituto Nazionale di Astrofisica all'Osservatorio Astrofisico di Arcetri, a Firenze, dove svolge attività principalmente nel campo dei ricevitori per radioastronomia. I suoi interessi di ricerca includono la progettazione e lo sviluppo di dispositivi passivi a microonde per i front-end dei ricevitori e metodi numerici per l'analisi elettromagnetica e la progettazione di antenne e dispositivi a onde millimetriche.

È stato dopo il diploma di maturità, nel 1986, che ho deciso di approfondire la conoscenza dell'informatica, affascinato dalla sua potenza e facilitato dalla sua crescente diffusione in quel periodo, dovuta allo sviluppo dei personal computer a basso costo che li rendeva disponibili nelle case delle famiglie, proprio come la rivoluzione del televisore aveva fatto un paio di decenni prima.

Decisi così di seguire gli studi di ingegneria elettronica all'Università di Firenze, dove, durante i corsi degli ultimi anni, rivolsi la mia attenzione all'elettromagnetismo

applicato, catturato dalla bellezza matematica e fisica delle equazioni di Maxwell. Esse hanno guidato la mia strada fino alla Laurea Magistrale, con una tesi finale su tematiche di sviluppo di metodi numerici per problemi di antenne e propagazione elettromagnetica che combinava sia l'informatica sia gli aspetti fisici delle equazioni di Maxwell, le due discipline che più mi avevano attratto durante il periodo universitario.

Era la fine del 1995 e non solo ero interessato all'argomento della tesi, ma anche attratto dall'atmosfera dell'ambiente di lavoro che frequentavo quotidianamente per la preparazione della tesi. Si trovava in viale Morgagni, una sede distaccata dell'Università di Firenze – Dipartimento di Ingegneria Elettronica, la cui sede centrale era (ed è tuttora) a Santa Marta. Sono stato lì per quasi quattro anni: dall'inizio della preparazione della tesi di Laurea Magistrale fino alla fine della mia tesi di dottorato, al quale avevo applicato forte delle mie esperienze di elettromagnetismo computazionale: per accedere al dottorato si deve vincere un concorso ma, differentemente da adesso dove si ottiene il dottorato superando una selezione basata sulla valutazione delle proposte di attività presentate dai candidati, allora si dovevano affrontare due prove, una scritta, l'altra orale. Sono stato felice di lavorare lì con tanti colleghi, molti dei quali sono stati miei compagni di corso, che ricordo davvero con stima e affetto. Dal punto di vista intellettuale, è stato un periodo molto stimolante della mia vita, in cui le numerose attività di ricerca, legate essenzialmente agli interessi di sviluppi tecnologici di industrie o istituti di ricerca, venivano continuamente trasmesse a noi studenti come input per le nostre attività. Il brainstorming avveniva quasi quotidianamente su argomenti che spaziavano dall'elettromagnetismo computazionale alla progettazione di antenne e componenti a microonde, includendo anche la didattica e la divulgazione. Fu in quel periodo che quasi incidentalmente fui indirizzato verso un argomento molto di nicchia, ovvero la caratterizzazione di antenne a tromba circolari corrugate che erano di particolare interesse per un istituto di ricerca, il CAISMI-CNR (Centro per l'Astronomia Infrarossa e lo Studio del Mezzo Interstellare del Consiglio Nazionale delle Ricerche) che aveva sede presso l'Osservatorio Astrofisico di Arcetri. Questa attività di nicchia segnerà profondamente il mio futuro, non solo professionale.

È infatti nell'ambito di questa attività che ho iniziato a collaborare con l'Osservatorio Astrofisico di Arcetri, oggi parte dell'Istituto Nazionale di Astrofisica, dove ero destinato in seguito a entrare. Applicando infatti con successo ad un concorso per un posto di 'Tecnico Laureato', a partire dal dicembre 1999 presi servizio, in maniera continuativa fino ad oggi, all'Osservatorio di Arcetri, attualmente struttura appartenente all'Istituto Nazionale di Astrofisica. Iniziai continuando a sviluppare software dedicato ai sistemi di front-end dei ricevitori radio per applicazioni nel settore della radioastronomia, finendo per usare quegli stessi strumenti, insieme ad altri di tipo commerciale, nella progettazione stessa dei componenti. Tra i primissimi progetti a cui mi dedicai, mi piace molto ricordare i feed circolari corrugati per il piano focale dello strumento a bassa frequenza di Planck, esperimento dell'Agenzia Spaziale Europea volto alla realizzazione di un radiotelescopio su piattaforma satellitare, lanciato circa una decina di anni dopo (2009) per studiare le anisotropie del fondo cosmico a microonde. Durante il suo periodo operativo (2009-11), avevo la sensazione che quel grande investigatore sulle origini dell'universo, stesse usando i miei occhi durante le sue osservazioni dall'orbita lagrangiana L2. Lo ricordo ancora con orgoglio.

La mia sede di lavoro è presso l'Osservatorio Astrofisico di Arcetri, dove amo tuttora stare. Dal mio primo giorno di lavoro, ed ininterrottamente fino ad oggi, mi sono sentito fortunato a svolgere la mia attività lavorativa in un posto così bello, dove la ricerca scientifica astronomica si svolge ai massimi livelli internazionali con la presenza di Galileo che aleggia sulle profumate verdi colline circostanti da una parte e, dall'al-

tra, con una fotografia panoramica unica e straordinaria delle bellezze architettoniche, dense di arte, storia e cultura, di una delle città più belle in assoluto del mondo. La mia attività prevalente è nel campo della radioastronomia, in particolare nell'area tecnologica dello sviluppo di componenti passivi a microonde e di antenne per ricevitori radioastronomici. Di tale attività non ho ancora smesso di essere entusiasta.

Ho avuto la fortuna di avere visto concepire, nascere e crescere importanti strumenti per lo studio della radiazione celeste, come SRT, il Sardinia Radio Telescope, inaugurato nel 2013 ed ALMA, l'Atacama Large Millimeter Array, anch'esso inaugurato nel 2013 e costruito nel nord del Cile a 5000 m sul livello del mare, in un'area desertica. Di questi strumenti citati ho osservato orgogliosamente i primi risultati, come la primissima foto mai vista di un buco nero alla frequenza di 230 GHz (al centro della vicina galassia M87, nella costellazione della Vergine) ottenuta con il contributo di ALMA e pubblicata nel 2019 con enfasi da prima pagina sui quotidiani di tutto il mondo.

### La salita di Santa Marta

*Paolo Pezzati*

Paolo Pezzati è attualmente Vice President, Soluzioni Identità Digitali, presso Idemia Smart Identity, con sede a Parigi. Precedentemente ha ricoperto ruoli di responsabile progettazione microelettronica presso STM in California (USA) e di direzione R&D, sviluppo prodotto, servizi di ingegneria e vendita presso Cadence Design Systems in Europa.

Sono così tanti i ricordi di fatti e persone che mi tornano in mente ripensando agli anni passati alla Facoltà di Ingegneria Elettronica di Firenze!

Per me è stata un'esperienza di vita simile al viaggio di Dante... l'inferno del biennio, il purgatorio del terzo anno, il paradiso degli ultimi due anni con l'apoteosi della tesi finale.

Da Fiorentino sarò sempre riconoscente ai docenti di Santa Marta per avermi offerto la possibilità di formarmi come ingegnere nella mia città e poi di esserne testimone nella mia lunga carriera all'estero.

In particolare vorrei ringraziare i professori che mi hanno fatto scoprire ed amare la microelettronica, quella che sarebbe diventata la mia grande passione professionale, che mi ha portato a realizzare il sogno di poter lavorare nella Silicon Valley.

Lunga vita alla nostra cara Santa Marta!

### Le cose che contano

*Massimo Polignano*

Massimo Polignano è attualmente Chief Quality Officer di Esaote, azienda costruttrice di dispositivi medici per la diagnostica ecografica e a risonanza magnetica, in cui ha precedentemente ricoperto ruoli di responsabilità in progettazione, valutazione della conformità rispetto agli standard tecnici internazionali e regulatory affairs.

Quando sono uscito da Ingegneria non mi rendevo conto di essere rappresentante di uno stereotipo. Sei anni passati avendo come riferimento un luogo dove lo studio è un dio geloso che si celebra in una biblioteca che fino a qualche anno prima era una chiesa non ti consentono di renderti conto chi sei diventato e come il mondo ti vede. Ed io rappresentavo bene 'l'ingegnere' con il suo pretendere di capire come funziona qualsiasi cosa e precisare agli altri che non funziona esattamente come loro pensano e sotto sotto pensare che, se l'avesse progettato lui, l'avrebbe fatto funzionare meglio.

Questo imprinting è sicuramente frutto di una attitudine, ma altrettanto sicuramente è stato allevato dall'impostazione della Facoltà, dal piano di studi e dai nostri professori. Deformazioni professionali come tante, forse, ma per diversi di noi ha anche voluto dire accettare la rinuncia di una parte della nostra vita giovane a favore del martirio ineluttabile e sentito come bellissimo, dello studio sempre e comunque. E su questo, qualcuno ha anche forzato un po' la mano.

Passati più di trent'anni, l'adesione allo stereotipo per me si è assai smussata. O meglio, so controllarmi prima di parlare! Qualcosa per me è invece rimasto indelebile e si è rivelato vera formazione alla vita: cercare le cose che contano veramente. Sapere che sicuramente ci saranno delle variabili, delle grandezze che pesano più delle altre, che descrivono il fenomeno da sole con approssimazione accettabile. Per il Prof. Luigi Milanta, con cui mi sono laureato, era un mantra. Se vuoi cominciare a capire, cerca ciò che fa la differenza, ciò che fa cambiare le cose, che le indirizza da una parte o dall'altra. Il resto, i dettagli, li aggiungerai dopo se ti serve rifinire, lisciare, abbellire, perfezionare.

È un principio che ho continuato e continuo ad applicare in tutti i campi in cui ho lavorato. Nella progettazione hardware, nel debug, nei test di verifica e validazione, nella definizione e realizzazione dei processi industriali. Ma anche nei rapporti tra aziende o funzioni aziendali, nelle riunioni di tutti i livelli. Quello che conta veramente va cercato e scoperto, non è detto che sia così evidente, non è detto che lo possa vedere dal tuo punto di osservazione, non è detto che tu lo possa vedere senza il contributo degli altri.

Contaminando indebitamente gli ambiti, si può dire che ci è stata insegnata la serie di Fourier della fisica e della vita, e siamo chiamati ad applicarla.

#### L'eredità di Santa Marta

*Giuseppe Scarpi*

Giuseppe Scarpi è laureato in Ingegneria Elettronica e in Discipline Psicosociali. Ha iniziato la sua carriera nel 1993, ricoprendo ruoli tecnici e manageriali in aziende di diverse dimensioni, tra cui Leonardo e Telecom Italia. Per quasi dieci anni è stato socio e CTO di un'azienda di progettazione elettronica. Dal 2022 è Business Development Manager per la divisione Innovation di R2M Solution.

Quando, nell'autunno del 1986, iniziai il mio percorso a Ingegneria Elettronica, l'indimenticabile professor Modica ci disse che, in prossimità della laurea, avremmo ricevuto come minimo quattro o cinque offerte di lavoro.

Il 30 aprile 1992 uscii da Santa Marta come dottore in Ingegneria Elettronica, laureandomi in corso e con lode, ma di offerte non ne avevo ricevute nemmeno una. Quell'anno aveva marcato una pesante crisi del mondo del lavoro, purtroppo la prima di tante che si sarebbero succedute. La situazione non migliorò neppure quando, concluso il servizio militare nel luglio 1993, mi dedicai con rinnovato impegno alla ricerca di un lavoro.

Ero perplesso, lo ammetto, e anche deluso e amareggiato. Prima cinque anni di fatica e lacrime al Liceo Classico, poi altri cinque a Ingegneria Elettronica... Quell'impegno e i sacrifici, che senso avevano? A che cos'era servito sprecare un così lungo pezzo di vita se nessuno mi voleva?

Ma sei mesi dopo il vento sarebbe cambiato.

Da allora, tante aziende, tanti cambiamenti, porte sempre aperte, responsabilità sempre diverse... Firenze, Torino, Bologna, Reggio Emilia, Pavia... anni di lavoro tecnico, poi il marketing, le vendite, una lunga esperienza da imprenditore prima di entrare in R2M Solution, il dinamico contesto internazionale dove lavoro come Business Development Manager.

Se mi volto indietro, posso dirmi contento del mio lungo percorso. Ma non potevo arrivare allo stesso punto facendo meno fatica? In fondo, da manager, mi bastano le quattro operazioni, magari un po' di statistica, ma la maggior parte dei miei studi sono stati dimenticati.

Quindi è stato inutile? Sono pentito della mia scelta? Con il senno di poi cambierei qualcosa?

Tante domande, con una sola risposta: no.

Magari non ricordo più il filtro di Kalman, o che cosa sia la mitica amplidina dell'altrettanto mitico professor Liberatore... ma gli studi a Santa Marta mi hanno donato ben di più: il metodo per affrontare e risolvere i problemi, la forza di non arrendersi davanti alle difficoltà, la capacità di dubitare e mettere in discussione, la curiosità intellettuale che ancora oggi mi accompagna. Soprattutto, la consapevolezza di aver costruito un patrimonio dentro di me – una consapevolezza che mi ha sostenuto nei momenti difficili che non sono mancati nella mia vita lavorativa.

E poi, non sono stato solo sul cammino. Ho condiviso quegli anni di fatica con i miei compagni di studi, persone che avevano i miei stessi interessi, il mio stesso entusiasmo, che hanno lottato con me per lo stesso obiettivo, che mi hanno aiutato, e che ho aiutato. Ho potuto contare su tanti insegnanti eccezionali, tra cui spicca sopra ogni altro il compianto professor Masotti, con il suo intuito e la sua sincerità: fu lui a farmi capire che io sono un businessman e non un ricercatore, che la mia carriera sarebbe stata in azienda e non nelle aule universitarie.

Se sono chi sono, parte del merito è delle aule di Santa Marta, e dei tanti indimenticabili insegnanti e compagni che hanno condiviso con me quel periodo che, ancora oggi, ricordo come uno dei migliori della mia vita.

Un ingegnere eternamente ragazzo

*Pietro Antonio Scarpino*

Pietro Antonio Scarpino si è laureato in Ingegneria Elettronica con dottorato di ricerca in Ingegneria Elettrotecnica. Libero professionista e docente a contratto di Impianti Elettrici nella Scuola di Ingegneria dell'Università di Firenze. Ha progettato, diretto e collaudato impianti elettrici in media e bassa tensione di notevole importanza, in tutti i campi dell'ingegneria, compreso quello avionico. Pietro A. Scarpino è membro dei Comitati Tecnici CT 64 e CT 78 del CEI e del TC78 dell'IEC.

Arrivai a Firenze per intraprendere gli studi in Ingegneria Elettronica nell'ottobre del 1980 e da lì a poco il nostro Paese veniva martoriato da una serie di eventi che a noi ragazzi hanno lasciato un segno indelebile. Il 23 novembre 1980 il Sud Italia veniva colpito da un sisma terribile e distruttivo che ha piegato tutta l'Irpinia. Come dimenticare il volo del DC-9 IH870 della compagnia Itavia colpito da un missile e schiantatosi nel Mar Tirreno nei pressi di Ustica? Come dimenticare la tragedia del povero Alfredo Rampi morto nel pozzo artesiano di Vermicino e le lacrime del nostro Presidente Pertini? Come dimenticare i Missili su Lampedusa lanciati dal Generale Gheddafi? Come dimenticare la morte del Generale Dalla Chiesa e i morti per mafia o per terrorismo? Come dimenticare l'attentato al treno 904 del 23 dicembre 1984?

Ma tra tutti questi eventi terribili abbiamo vissuto anche momenti bellissimi. Ricordo il mio esame di Geometria con il Prof. Tiberio il giorno di Italia-Brasile dell'82 con la fretta di finire per andare a vedere la partita. La Nazionale Italiana di calcio super criticata e con tutta la stampa contro stava per compiere un miracolo che avrebbe cambiato la vita sociale, politica ed economica del nostro Paese. Stavamo per entrare nel mondo delle televisioni private e da lì a poco la fine della prima Repubblica.

Studiavo Ingegneria tra mille difficoltà con la felicità di un ragazzo che aveva trovato amici veri con i quali avrebbe condiviso gli anni più belli della sua vita senza mai un litigio e con i quali ancora oggi l'amicizia è sovrana.

Studiare a Firenze da fuori sede non era facile. Mi ricordo le file interminabili alla SIP di Piazza della Repubblica o di via Cavour per telefonare a casa e le code per mangiare la domenica all'unica mensa aperta di via dei Servi. Come dimenticare il disegno orribile su tutta la parete della mensa di via dei Servi con gli animali della giungla.

I primi anni di Ingegneria, per noi il Biennio, li ho trascorsi in una struttura prefabbricata in viale Morgagni sede dell'attuale Polo Universitario Morgagni e tra l'intervallo per il pranzo e l'inizio delle lezioni pomeridiane mi ricordo le bellissime e agguerrite partite a calcio che facevamo con gli amici quando le belle giornate primaverili avevano ormai preso il sopravvento a quelle umide e piovose fiorentine.

Santa Marta, dove si studiava per il triennio, era un traguardo che sembrava irraggiungibile. Molti amici, anche bravi, hanno abbandonato gli studi o hanno cambiato facoltà e in pochi abbiamo raggiunto il traguardo. Oggi sicuramente quei ragazzi sarebbero diventati ingegneri.

Santa Marta era il campo da calcio che c'era dove oggi c'è il parcheggio per le auto degli studenti. Santa Marta voleva dire che prima di andare a chiedere un ricevimento a un Professore non dormivi per giorni e quando bussavi a quella porta il cuore ti saliva in gola e le gambe ti tremavano.

Santa Marta voleva dire non rifiutare mai un voto avendo solo cinque appelli l'anno e se ti bocciavano e ti verbalizzavano il voto saltavi la sessione.

Mi ricordo che mi ripetevi sempre che una volta laureato non avrei mai messo più piede a Santa Marta, eppure oggi ho 64 anni e sono ancora qui. Santa Marta ha avuto il potere di tenermi legato a questa facoltà oggi Scuola. Dopo la Laurea in Elettronica ho proseguito gli studi di Dottorato di Ricerca in Ingegneria Elettrotecnica e sono rimasto legato al mio Maestro e Mentore per tantissimi anni con il quale ho condiviso esperienze didattiche e professionali che mi hanno formato come Uomo e come Professionista. Oggi purtroppo il mio Maestro non c'è più. Probabilmente sarebbe stato fiero del suo allievo.

Ho scelto la strada della Libera Professione ma ho tenuto sempre un piede dentro la didattica e la ricerca come Professore a Contratto. Ho insegnato Elettrotecnica, Macchine Elettriche, Complementi di Impianti Elettrici e oggi dal 2014 insegno Impianti Elettrici. Coniugare il mondo del lavoro alla didattica, specie per questi tipi di insegnamenti, è fondamentale perché insegni ai futuri ingegneri quello che davvero vedi sul campo e quando tiri su l'interruttore tutto deve funzionare alla perfezione.

Vedo negli occhi degli studenti una luce che mi riporta indietro nel tempo e che mi emoziona tutti gli anni ed è bello ritrovarmi ragazzo con l'età di un sessantaquattrenne.

Un ringraziamento va a tutti gli amici con i quali ho condiviso gioie e tristezze in quegli anni di studio.

Il mio ricordo va a tutti i Professori che ho avuto e che purtroppo non ci sono più.

Quel villaggio di aspiranti ingegneri a Santa Marta

*Rosaria Silipo*

Rosaria Silipo si è laureata in ingegneria elettronica nel 1992, ha continuato con il dottorato nel programma nazionale di bioingegneria, dopodiché ha ricoperto vari ruoli in aziende americane ed europee, quali Siemens, Nuance Communications e Viseca, sempre nel campo dell'analisi dei dati, del machine learning e, attualmente, dell'intelligenza artificiale applicata. Nel 2013 ha iniziato a lavorare

per KNIME come data scientist, per poi creare un team di Data Science Evangelists nel 2019. Lavora tuttora in KNIME come VP of Data Science Evangelism. Rosaria è autrice di oltre 50 pubblicazioni tecniche, compresi i libri "Guide to Intelligent Data Science" (Springer) e "Codeless Deep Learning with KNIME" (Packt), entrambi pubblicati nel 2020. Nel febbraio 2024 è comparsa sulla copertina di Digital First Magazine.

Forse per via della posizione della Facoltà di Ingegneria, arroccata sulla collina di Santa Marta, lontana dal centro e isolata dalla vita sociale della città, forse per la difficoltà degli esami che spesso esigevano una preparazione di gruppo, o forse solo per l'obbligo di frequenza, io a Santa Marta ci ho passato davvero tanto tempo, ogni giorno, da mattina a sera, per diversi anni. E come me molti altri aspiranti ingegneri dei tempi.

Col passare del tempo era inevitabile il formarsi di un senso di gruppo, di comunità, di collaborazione fra studenti. Quando confronto i miei ricordi con quelli di altri studenti di altre facoltà, questa sensazione di comunità da villaggio più o meno felice emerge sempre. L'università che ho frequentato io non è la stessa università che hanno frequentato loro. Non era solo un esame, ma anche un posto dove poter studiare, vivere, parlare, discutere, divertirsi e anche pensare.

Io credo che quel posto per me così familiare, così quotidiano, mi abbia formato molto professionalmente e in senso umano. A parte la nostalgia per quegli anni e per quegli amici, mi è rimasto il modo di pensare critico e costruttivo, la capacità di dialogare e soprattutto una grande creatività. Sarà stato per le battute costanti, sarà stato per l'abitudine a studiare insieme, o per le partite a carte, o forse per il cibo della mensa, dalla Facoltà di Ingegneria ne sono uscita con un discreto bagaglio di conoscenze tecniche e di quelle che oggi si chiamano 'soft skills'. Insomma quell'ambiente che si era venuto a creare a Santa Marta, non per decreto ministeriale, mi ha permesso di crescere a tutto tondo.

Ho lavorato molto all'estero nella mia carriera e ho lavorato con colleghi di tutte le nazionalità. Non è stato facile. L'inglese imparato troppo tardi, le tante lacune in campo manageriale, e l'essermi inserita relativamente più tardi nel mondo del lavoro sono stati scogli difficili da superare. Ma in tutti questi anni la creatività e la capacità di fare gruppo non mi è mai mancata e di questo posso dare credito a quegli anni formativi passati a Santa Marta.

L'università da allora è cambiata molto e in meglio. Ci sono triennali e magistrali, con pause nel mezzo, semestri e compitini, ma spero che questo carattere comunitario, da piccolo villaggio, non sia andato perduto.

Altra tappa fondamentale della mia vita professionale, di cui devo dare credito alla Facoltà di Ingegneria, è stata la tesi di laurea. L'argomento avanzato per quei tempi e i dettagli richiesti nello svolgimento si sono rivelati preziosissimi negli anni a venire. La mia carriera professionale, da qualunque angolo la si voglia guardare, nel bene e nel male, può essere ricondotta a un'unica origine: la tesi di laurea.

Nel 1992 mi sono laureata con una tesi sull'utilizzo delle reti neurali per l'analisi dei segnali biomedici. Le reti neurali e più in generale l'analisi dei dati sono stati il leitmotiv di tutta la mia carriera, quel filo rosso che ha accompagnato le scelte, le promozioni, le delusioni e le nuove avventure professionali. Spesso parlando con colleghi più giovani mi trovo a ribadire l'importanza della tesi di laurea, non solo per la scelta dell'argomento ma anche come ultima occasione per dedicarsi pienamente alla riflessione e allo studio, senza tutte quelle vessazioni da scadenze e clienti che arriveranno in futuro.

Qualcuno (forse Boccaccio?) una volta disse: «Se in me c'è qualcosa di buono, lo devo all'aria di Firenze». Ecco io potrei dire: «Se in me c'è qualcosa di buono, lo devo all'aria di Santa Marta».

## La lezione più importante

*Fabio Torrasi*

Fabio Torrasi si è laureato in Ingegneria Informatica nel 1999 presso l'Università di Firenze. Oggi vive alle porte di Zurigo, in Svizzera, dove lavora come Group Chief Data Officer per Migros. È un apprezzato relatore per conferenze. Non ha mai abbandonato la sua vocazione di ingegnere e risolve problemi con formalismo e pragmatismo.

Può un libro destinato al macero insegnarti la lezione più importante?

A me è successo.

Qualche mese fa, ho preso in mano i miei libri universitari, rimasti inutilizzati per più di 25 anni, deciso a sbarazzarmene. Sfogliando quei libri che descrivevano tecnologie di altri tempi, mi sono fermato a riflettere: cosa ho veramente imparato in quegli anni trascorsi a Santa Marta?

Oggi praticamente nessuna delle nozioni apprese durante il corso di laurea in ingegneria informatica è direttamente applicabile alla mia professione. Il progresso tecnologico è stato inarrestabile: ciò che 25 anni fa sembrava fantascienza – l'intelligenza artificiale o sofisticati sistemi di controllo in oggetti di uso quotidiano – è ormai realtà. Anche io sono cambiato: mi sono interessato a temi di management e sono Group Chief Data Officer per una grande azienda svizzera. Le mie responsabilità vanno ben oltre ciò che avrei immaginato all'inizio della mia carriera.

Ma non è stato tempo perso! Al contrario, l'università mi ha lasciato qualcosa di molto più prezioso: ho imparato a imparare.

Ricordo la prima volta che sentii questa frase. Mancava poco alla maturità, e salii a Santa Marta, sede storica di ingegneria per conoscere la facoltà. Non ero ancora immatricolato e già un professore mi stava insegnando qualcosa di importante, anche se allora non capii veramente.

Quando con i primi esami sviluppai il mio metodo di studio, iniziai a comprendere cosa volessero dire quelle parole. Ma lo compresi pienamente solo nella seconda metà del corso di studi, quando l'università mi sembrava più 'facile'. In realtà, erano gli argomenti a essere sempre più vicini ai miei interessi. Stava succedendo qualcosa di magico: avevo trovato la mia passione: risolvere problemi reali in modo strutturato e pragmatico. Questo, credo, è quello che fa di me ancora oggi un ingegnere.

Senza aver imparato ad imparare, non avrei conseguito un dottorato al Politecnico federale di Zurigo, né avrei potuto ricoprire i ruoli che ho avuto: ingegnere informatico, consulente strategico, e Chief Technology and Operations Officer. In ogni momento di crescita quando le difficoltà iniziali si presentavano, ho sempre trovato risposte imparando qualcosa di nuovo.

Mentre soppesavo cosa fare di quei libri, mi sono chiesto perché ricordi ancora tante delle cose studiate. Come ho detto, non utilizzo quelle nozioni ogni giorno. Credo che la differenza l'abbia fatta il modo in cui i professori le hanno comunicate. Non si sono limitati a trasmettere formule: hanno esposto i concetti e, da questi, derivato le soluzioni. Alcuni con uno stile diretto e toscano, altri con metafore e analogie. Un professore era così chiaro che sembrava un presentatore televisivo.

Ricordo ancora l'ultima lezione del corso di scienza delle costruzioni – un corso opzionale per gli allievi di ingegneria informatica. Il professore disse: «Per tre punti passa uno e un solo piano, ma se vi capita di costruire una casa, metteteci lo stesso quattro colonne!».

Oggi, una delle mie mansioni è comunicare con dirigenti su come l'uso dei dati e dell'intelligenza artificiale possa migliorare il business. Parlo con colleghi di forma-

zione diversa dalla mia, che conoscono il loro settore molto meglio di me. Ogni giorno mi affido agli strumenti che ho imparato in quegli anni per condividere idee e comunicare l'essenziale.

Legata alla comunicazione c'è l'importanza delle lingue. Non sono mai stato portato per le lingue, e non nascondo che la prima volta che un professore consigliò un libro in inglese faticai molto. Oggi parlo fluentemente tedesco e inglese, oltre all'italiano. Questo mi ha permesso di lavorare in oltre 30 nazioni, conoscere culture diverse e arricchire il mio bagaglio di esperienze grazie al dialogo con tante persone.

Ed eccoci all'ultima riflessione, forse la più importante: l'importanza del gruppo di persone con cui si lavora – quello che gli americani chiamano peer group.

All'università, ero circondato da studenti brillanti, che condividevano i miei stessi interessi e passioni. Questo ambiente mi ha stimolato, messo alla prova e, diciamo, mi ha aiutato a superare i momenti di pigrizia. Ma non erano solo gli studenti, anche ricercatori e professori, con le loro idee, mi hanno spinto a riflettere e crescere.

Se oggi vivo in Svizzera, lo devo a un ricercatore (oggi professore) che mi consigliò un tema per la tesi, ai miei relatori che mi supportarono nella scelta di scrivere la tesi all'estero, e a un ex studente dell'Università di Firenze che stava facendo un post-doc a Zurigo.

Alla fine, quei libri sono tornati sullo scaffale. Non più come oggetti inutili, ma come testimoni di una lezione che continuerà a guidarmi per tutta la vita.

## Postfazione

*Alessandra Petrucci*

Non è semplice scrivere, come mi è stato chiesto, una postfazione a questi due ricchi volumi, pubblicati con il contributo del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e del Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Firenze, in collaborazione con l'Associazione degli Alumni della Scuola di Ingegneria in Santa Marta.

Non è semplice, perché i contributi sono estremamente articolati e dettagliati, anche se il titolo circoscrive il tema dal punto di vista contenutistico e contestuale.

In realtà, gli Ingegneri hanno dimostrato, in questi ultimi anni, un particolare orgoglio identitario, avendo organizzato, per i 40 e i 50 anni dalla Fondazione della Facoltà, numerose iniziative celebrative, che si sono anche concretizzate in pubblicazioni, come *Ingegneri & ingegneria a Firenze. In occasione dei 50 anni (dal 1970-71 al 2020-21) degli studi di Ingegneria presso l'Ateneo fiorentino*, nel 2021.

Hanno poi contribuito in maniera fattiva alle celebrazioni per i 100 anni dell'Ateneo, confermando nuovamente grande senso di appartenenza: e proprio su questa parola vorrei soffermarmi, da Rettrice e da Ingegnere.

Giorgio Gaber ha scritto una canzone sull'appartenenza, intesa come nesso organico, come legame forte e profondo: «L'appartenenza è avere gli altri dentro sé [...] È quel vigore che si sente se fai parte di qualcosa / Che in sé travolge ogni egoismo personale / Con quell'aria più vitale che è davvero contagiosa».

Questo è quanto emerge dagli scritti anche di questi volumi, che ripercorrono la storia degli studi di Ingegneria Industriale e Ingegneria dell'Informazione, nel quadro della storia della Facoltà di Ingegneria, che fu istituita a Firenze nell'anno accademico 1970-71 con due corsi di laurea (Ingegneria Meccanica ed Elettronica) ai quali, nell'anno accademico successivo, si aggiunse quello in Ingegneria Civile con le 3 sezioni: edile, idraulica e trasporti.

Nei primi anni del secondo dopoguerra, infatti, Nello Carrara, compagno di studi di Enrico Fermi e a cui si deve l'introduzione del termine microonde (*microwave*) nella letteratura tecnico-scientifica, fondò a Firenze l'IROE (Istituto di Ricerca sulle Onde Elettromagnetiche) del CNR, che avrebbe dato, anni dopo, un contributo fondamentale per la nascita della Facoltà di Ingegneria, da sempre legata all'industria ad alto contenuto tecnologico.

Da allora, i percorsi si sono arricchiti in maniera sorprendente, riuscendo a embriarsi con il territorio e a costruire una rete di relazioni estremamente proficua con le aziende di alta tecnologia dell'area fiorentina.

L'impegno degli Ingegneri alla vita dell'Università è un capitolo molto suggestivo, che analizza il contributo dei Dipartimenti ai ruoli direttivi in organi dell'Ateneo, dai Presidi, ai Presidenti di Scuola, ai Rettori: mi ha colpito l'attenzione riservata a questo aspetto di assunzione di responsabilità nei confronti dell'Istituzione in cui ci si riconosce.

E poi, il contesto. «Firenze», «regione», «Toscana»: questo è lo scenario su cui si dipanano le vicende che prendono forma in questi volumi e che si concretizzano nei gruppi di ricerca, nei centri, nei laboratori, *star up* e *spin off*, in uno stretto legame tra offerta didattica e ricerca scientifica, con visibili effetti in termini di sviluppo e di innovazione tecnologica e ricadute positive, soprattutto nel contesto produttivo dell'area fiorentina e nel *placement* dei nostri laureati.

Nei saggi di questi volumi, viene meso in luce l'apporto dei due Dipartimenti alla formulazione di soluzioni innovative e sostenibili e il loro contributo verso la transizione digitale, che coinvolge l'Ateneo su più livelli.

Ma è la formazione del «capitale umano» l'elemento forte e condiviso, quella che viene definita «fertilizzazione incrociata di competenze che alimenta la vitalità e l'innovazione dell'industria fiorentina e toscana».

In queste parole, c'è il senso dell'impegno di Colleghe e Colleghi, che trasmettono conoscenze, condividono esperienze e valorizzano abilità, senza mai perdere di vista il futuro dei nostri Giovani, come prova il rapporto con l'ordine professionale.

Con grande convinzione, quindi, ringrazio tutti coloro che hanno contribuito a questo volume, la nostra grande squadra, a cui sono orgogliosa di appartenere.

Firenze, 13 ottobre 2025

## Autori

*Elson Agastra* – Polytechnic University of Tirana

*Luciano Alparone* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Fabio Andreuccetti* – US Mid-End Program Manager US Engineering Quality & Cost Leader, Esaote

*Andrea Arnone* – Direttore del Dipartimento di Ingegneria Industriale

*Maurizio Baroni* – Già Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Lorenzo Bartalucci* – RF Hardware Designer, MERMEC Engineering

*Michele Basso* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Marco Bertini* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Lorenzo Bessi* – IP Manager, Esaote

*Leonardo Bocchi* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Pietro Bolli* – INAF Osservatorio Astrofisico di Arcetri

*Angelo Bolognin* – Già Funzionario di Istituti di Credito Speciale

*Enrico Boni* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Giacomo Bucci* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Piero Buscaglioni* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Lorenzo Capineri* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Vito Cappellini* – Professore emerito di 'Comunicazioni Elettriche' dell'Università di Firenze

*Carlo Carobbi* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, © 2026 Author(s), CC BY 4.0, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

- Marco Casini* – Responsabile della produzione e dell'assistenza, ISAC S.r.l.
- Marcantonio Catelani* – Professore Onorario dell'Università di Firenze
- Niccolò Chierroni* – CEO Mermec Engineering
- Francesco Chiti* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze
- Alessandro Cidronali* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze
- Giovanni Collodi* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze
- Alberto Del Bimbo* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze
- Marco Dolfi* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze
- Giovanni Donati* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze
- Gianpaolo Donzelli* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze
- Romano Fantacci* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze
- Alessandro Fantechi* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze
- Guido Forti* – Già Selex-Galileo
- Leonardo Frangini* – Già HSE Manager della Leonardo di Campi Bisenzio
- Paolo Frasconi* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze
- Angelo Freni* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze
- Laura Giarré* – Dipartimento di Ingegneria 'Enzo Ferrari' dell'Università di Modena e Reggio Emilia
- Stefano Gigli* – Già Eumetsat
- Dino Giuli* – Già Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze
- Marco Gori* – Dipartimento di Ingegneria dell'informazione e scienze matematiche, Università di Siena
- Francesco Grasso* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze
- Gabriele Guidi* – Luddy School, Indiana University Bloomington
- Francesco Leoncino* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze
- Marco Lippi* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze
- Alessandro Lori* – Chief Technology Officer, Verizon Connect
- Antonio Luchetta* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze
- Stefano Maddio* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze
- Gianfranco Manes* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Leonardo Manetti* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Stefano Manetti* – Professore emerito di 'Reti Elettriche' dell'Università di Firenze

*Claudia Manfredi* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Dania Marabissi* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Simone Marinai* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Stefano Marsili-Libelli* – Già Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Alessio Martinelli* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Gabrio Martini* – Senior Design Engineering, Baker Hughes

*Marco Montagni* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Simone Morosi* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Giacomo Nannicini* – Ming Hsieh Dep. ECE, University of Southern California, Los Angeles

*Paolo Nesi* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Renzo Nesti* – INAF Osservatorio Astrofisico di Arcetri

*Laurent Ntibarikure* – Sr. Engineer, NXP Semiconductors

*Marco Passafume* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Giuseppe Pelosi* – Professore emerito di 'Campi Elettromagnetici' dell'Università di Firenze

*Paolo Pezzati* – VicePresident, Digital Identity Solutions Idemia Smart Identity

*Massimiliano Pieraccini* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Laura Pierucci* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Franco Pirri* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Massimo Polignano* – Chief Quality Officer di Esaote

*Luca Pugi* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Alberto Reatti* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Giuseppe Scarpi* – Business Development Manager, R2M Solution

*Pietro Antonio Scarpino* – University of Florence, Department of Information Engineering

*Fabio Schoen* – Professore emerito di 'Ricerca Operativa' dell'Università di Firenze

*Stefano Selleri* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Rosaria Silipo* – VP of Data Science Evangelism, KNIME

*Viola Sorrentino* – Lead Instrumentation Engineer, Baker Hughes

*Alberto Tesi* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, già Rettore dell'Università di Firenze

*Gianni Tofani* – Già Direttore dell'Istituto di Radioastronomia dell'INAF

*Fabio Torrisi* – Group Chief Data Officer, Migros-Genossenschafts-Bund

*Piero Tortoli* – Già Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

*Enrico Vicario* – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Firenze

## DIALOGHI CON LA SOCIETÀ

### TITOLI PUBBLICATI

1. Elena Pecchioni, Alba Patrizia Santo, *Florence RockinArt*
2. Orazio Lovino, Sara Migaleddu, Giovanni Pescarmona (a cura di), *Per un'altra Firenze. Voci sul futuro del nostro patrimonio*
3. Franco Angotti, Giovanni Frosali, Giuseppe Pelosi, Marco (a cura di), *Ingegneri & Ingegneria a Firenze. In occasione dei 50 anni (dal 1970-71 al 2020-21) degli studi di Ingegneria presso l'Ateneo fiorentino*
4. Luigi Dei, *Pensose leggerezze*, 2021
5. Floriana Tagliabue (a cura di), *Le tesi delle prime donne laureate a Firenze*, 2022
6. Fulvio Conti, Emanuela Ferretti, Donatella Lippi, Antonella Salvini, Bernardo Sordi, Andrea Zorzi (a cura di), *Firenze e l'Università. Passato, presente e futuro*, 2024
7. Lorenzo Capineri (a cura di), *Olivetti: una complessità virtuosa*, 2024
8. Fulvio Conti, Carlo Sorrentino (a cura di), *La Scuola di Scienze politiche "Cesare Alfieri" (1875-2025)*, 2025
9. Carlo Pratesi, Raffaele Pulli (a cura di), *La chirurgia vascolare dell'ateneo fiorentino: 50 anni di storia*, 2026
10. Franco Angotti, Giovanni Frosali, Giuseppe Pelosi, Marco Pierini, *Ingegneri & Ingegneria a Firenze. In occasione dei 50 anni (dal 1970-71 al 2020-21) degli studi di Ingegneria presso l'Ateneo fiorentino - Nuova edizione*, 2026
11. Bruno Facchini, Giovanni Ferrara, Rocco Furferi (a cura di), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino - 1. Ingegneria Industriale*, 2026
12. Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (a cura di), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino - 2. Ingegneria dell'Informazione*, 2026



# Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino

**VOLUME 2** *Ingegneria dell'Informazione*, secondo volume della serie *Ingegneria Industriale ed Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino*, offre un panorama sulla storia, l'evoluzione e le attività del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DINFO) dell'Università di Firenze, con particolare attenzione all'interazione con il territorio fiorentino e toscano. Le attività di ricerca presentate in numerosi capitoli ne presentano uno spaccato esauriente. Completano il quadro gli *spin-off* promossi dal DINFO e dai suoi ricercatori, e i ricordi personali di alcuni laureati nei corsi di laurea. La serie, edita in occasione delle celebrazioni per i cent'anni dell'Ateneo Fiorentino (1924-2024), è completata dal volume dedicato alla Scuola di Ingegneria nel suo complesso (*Ingegneri & Ingegneria a Firenze*).

Ingegneria  
dell'Informazione

**STEFANO SELLERI** è professore associato di Campi Elettromagnetici all'Università di Firenze. È attivo nell'ambito dei metodi numerici per l'ingegneria elettromagnetica così come nell'ambito della divulgazione, in particolare per la storia delle telecomunicazioni e dell'elettromagnetismo.

**ALBERTO TESI** è professore ordinario presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Firenze, dove ha tenuto numerosi insegnamenti nell'area dell'ingegneria dell'automazione. È stato preside della Facoltà di Ingegneria e rettore dell'Università di Firenze.

**ENRICO VICARIO** è professore ordinario di Ingegneria informatica all'Università di Firenze. Ha diretto il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dal 2016 al 2024. È responsabile scientifico del Laboratorio di Tecnologie del Software, e fondatore dello *spin-off* Jaewa.

ISSN 2975-0210 (print)  
ISSN 2975-0334 (online)  
ISBN 979-12-215-0974-8 (Print)  
ISBN 979-12-215-0975-5 (PDF)  
ISBN 979-12-215-0976-2 (XML)  
DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

[www.fupress.com](http://www.fupress.com)

