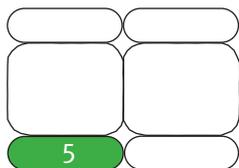




# IL PROGRAMMA EUCIP NELL'UNIVERSITÀ ITALIANA

Cristiana Rita Alfonsi  
Elena Breno  
Maria Carla Calzarossa  
Paolo Ciancarini  
Paolo Maresca  
Luisa Mich  
Fulvia Sala  
Nello Scarabottolo



Il presente articolo si propone di fornire una panoramica sul significato complessivo di EUCIP, illustrandone le caratteristiche e le potenzialità non soltanto come strumento di certificazione ma anche come schema di valutazione delle competenze informatiche. L'articolo presenterà inoltre le esperienze maturate nelle Università italiane, focalizzandosi sia sul punto di vista istituzionale degli Atenei sia sul punto di vista di un campione di studenti che hanno conseguito la certificazione EUCIP Core durante la loro carriera universitaria.

## 1. INTRODUZIONE

La certificazione EUCIP (*European Certification of Informatics Professionals*: <http://www.eucip.com> e <http://www.eucip.it>) è uno schema di verifica e attestazione delle competenze informatiche messo a punto dal CEPIS (*Council of European Professional Informatics Societies*: <http://www.cepis.org>) e rivolto ai professionisti del settore delle tecnologie dell'informazione (IT).

Questa caratteristica della certificazione EUCIP, che la contraddistingue dalle altre certificazioni definite dal CEPIS e destinate agli utenti degli strumenti informatici – prima tra tutte la certificazione ECDL (*European Computer Driving Licence*) meglio nota come “patente europea del computer” – scaturisce immediatamente dalla struttura stessa del *syllabus*, cioè dell'insieme di competenze richieste per conseguirla. Come sarà descritto in dettaglio nel paragrafo 2, EUCIP prevede infatti due livelli distinti di competenze, associati ad altrettanti livelli di certificazione:

□ un livello *Core* – di natura più culturale –

pensato per fornire a **tutti** i professionisti IT un substrato di terminologia comune e una condivisione delle competenze fondamentali per la realizzazione di un sistema informatico, dalla sua pianificazione e implementazione, fino alla sua gestione;

□ un livello *Elective* – di natura più prettamente operativa – che identifica un numero elevato di **profili di competenze** corrispondenti ad altrettante professioni tipiche del mondo delle tecnologie dell'informazione.

La certificazione EUCIP IT Administrator non è considerata in questo articolo, dato che il profilo a cui si riferisce è meno direttamente confrontabile con gli attuali percorsi di laurea orientati all'informatica.

A questo proposito è significativo sottolineare come l'acquisizione di una certificazione EUCIP *Elective* non sia subordinata alla semplice conoscenza di quanto specificato a livello di un *syllabus*, ma preveda un *portfolio* di competenze, nel quale possono confluire attività formative tradizionali (come insegnamenti universitari) altre certificazioni (come certificazioni *vendor* rilasciate dalle aziende)

e competenze acquisite “sul campo” nell’ambito di esperienze professionali e lavorative. Proprio questa visione integrata della certificazione EUCIP – che consente di valutare in modo globale competenze professionali provenienti da momenti formativi anche molto diversi tra loro – ha portato i principali attori italiani di questa certificazione (AICA: l’associazione di professionisti informatici; CINI: il Consorzio Interuniversitario Nazionale per l’Informatica; Fondazione CRUI: il braccio operativo della Conferenza dei Rettori delle Università Italiane) alla realizzazione di un progetto specifico, denominato EUCIP4U (EUCIP for University: <http://www.fondazione-crui.it/eucip4u>) mirato all’introduzione della certificazione EUCIP nel mondo universitario italiano. Il paragrafo 3 di questo articolo presenterà e discuterà i risultati relativi all’introduzione e alla diffusione di questo tipo di certificazione nelle Università anche in relazione all’attivazione del progetto EUCIP4U. Oltre al punto di vista istituzionale degli Atenei, si presenterà il punto di vista di un campione di studenti che hanno ottenuto la certificazione EUCIP nel corso della loro carriera universitaria.

Si sottolinea che EUCIP non è comunque solo una certificazione. Lo sforzo progettuale che ha portato alla definizione dei relativi *syllabus* (soprattutto per la certificazione di livello *Elective*) è il frutto di contributi provenienti da esperti del mondo accademico, di aziende e di enti certificatori. Pertanto, EUCIP deve essere visto come uno strumento per:

- definire ciò che le aziende del settore delle tecnologie dell’informazione ritengono essere le competenze di chi si proponga sul mercato del lavoro come professionista IT;
- misurare le competenze IT possedute dai singoli individui in relazione alle suddette esigenze.

In quest’ottica, il paragrafo 4 di questo articolo discuterà alcune iniziative – sia italiane sia europee – che hanno fatto o stanno facendo di EUCIP il *framework* di riferimento per definire e misurare le competenze IT richieste a livello professionale, con l’obiettivo di aumentare da un lato la spendibilità dei professionisti sul mercato del lavoro e di favorire dall’altro la loro mobilità transnazionale e una più facile riconoscibilità dei loro profili professionali.

A conclusione di questo percorso informativo, l’articolo si prefigge dunque non solo di far conoscere EUCIP agli addetti ai lavori, ma anche e soprattutto di mostrarne le potenzialità come strumento di effettiva valutazione delle competenze possedute dai singoli individui, in grado di superare i limiti e le differenze dei diversi sistemi nazionali di abilitazione alla professione, quali, ad esempio, albi professionali e certificazioni locali. Inoltre, l’attenzione di EUCIP all’integrazione di competenze acquisite in momenti formativi diversi – dalla formazione accademica all’attività lavorativa – rende la certificazione EUCIP particolarmente adatta per essere inclusa nei percorsi universitari.

## 2. LA CERTIFICAZIONE EUCIP

Una tendenza ormai largamente diffusa nei Paesi a più elevato livello di innovazione è la misura delle competenze e delle abilità attraverso un processo di certificazione dove, per certificazione, si intende “*un processo ufficiale di valutazione in base al quale le conoscenze e/o competenze di un individuo in uno specifico settore vengono verificate rispetto ad un insieme di riferimento, attraverso una valutazione oggettiva*” (CompTIA, 2004, p. 18-19) [13].

Va osservato come la certificazione si distingue dall’abilitazione, che è un’azione obbligatoria imposta a livello nazionale a tutti i membri di una professione, quale, ad esempio, l’abilitazione all’esercizio della professione di ingegnere, che si ottiene superando un esame specifico: l’esame di stato.

Quando si parla di conoscenze certificate occorre distinguere tra certificazioni proprietarie, legate a tecnologie specifiche, e certificazioni aperte, cioè neutrali ed indipendenti dai produttori di tecnologie. La certificazione EUCIP, alla cui presentazione è dedicato questo paragrafo, appartiene al secondo tipo.

Come già sottolineato, EUCIP è una certificazione internazionale che si prefigge di sviluppare e aggiornare le competenze dei professionisti dell’informatica, con particolare riferimento ai seguenti obiettivi:

- definire la struttura delle competenze minime necessarie ai professionisti dell’informatica;

- stabilire una rete europea di servizi formativi atti a promuovere lo sviluppo delle competenze informatiche;
- contribuire a colmare le aree di debolezza (skills gap) nel settore delle tecnologie dell'informazione;
- offrire un supporto di formazione permanente e di qualificazione delle competenze, costruendo una griglia di professioni informatiche standardizzate.

Il progetto EUCIP è iniziato nel 2000 sotto l'egida del CEPIS. Ad oggi (novembre 2007) gli Stati coinvolti in questo progetto sono, oltre all'Italia, l'Estonia, l'Irlanda, la Norvegia, la Spagna, la Croazia, la Polonia, la Gre-

cia, la Slovenia e la Lettonia. Per l'Italia, è AICA a svolgere la funzione di autorità di certificazione.

La certificazione EUCIP – dettagliatamente descritta in [14] – comprende due livelli in sequenza, denominati rispettivamente *Core* ed *Elective*. Mentre il primo livello è ben definito nella struttura e nei contenuti, il livello *Elective* è, per sua natura, soggetto ad un processo permanente di estensione ed aggiornamento, in funzione dell'evoluzione del settore IT. Lo sforzo complessivo di formazione richiesto per il conseguimento di una certificazione EUCIP è quantificato in 400 ore di studio per il livello *Core* e in 800 ore di studio per il livello *Elective*. Si precisa che le “ore di studio” comprendono sia le ore spese per la formazione in aula e in modalità di tipo autoapprendimento, sia lo studio individuale, ovvero condotto in maniera autonoma dallo studente. Facendo il parallelo con la formazione universitaria, la formazione richiesta ad uno studente per conseguire la certificazione EUCIP, è pari a 16 CFU (*Crediti Formativi Universitari*) per il livello *Core* e ad almeno 32 CFU per il livello *Elective*, dove un CFU è stimato in circa 25 ore di studio, mentre un anno di Corso di Studi universitario è pari a 60 CFU. Pertanto, usando come solo parametro di valutazione i CFU, si può concludere che lo sforzo per la formazione EUCIP, comprensiva sia del livello *Core* che del livello *Elective*, risulta leggermente inferiore a quello richiesto da un anno in un Corso di Studi universitario, ma risulta comunque paragonabile a quello necessario per ottenere un Master di durata annuale.

### 2.1. EUCIP Core

La certificazione EUCIP di livello *Core* definisce l'insieme minimo delle competenze che un professionista informatico deve possedere. L'indice del corrispondente *syllabus* è presentato nella tabella 1.

Come si può osservare, le competenze richieste sono suddivise in tre aree distinte: *Plan*, *Build* e *Operate*. L'area *Plan* è costituita da sette moduli che riguardano l'utilizzo e la gestione di un sistema informatico e richiede conoscenze di tipo economico-gestionale. L'area *Build* è costituita da quattro moduli

Numero	Modulo	Ore di Studio
<b>1</b>	<b>Area 1 - Plan</b>	<b>130</b>
1.1	Organisations and their use of IT	30
1.2	Management of IT	20
1.3	Measuring the value of IT	15
1.4	The global networked economy	15
1.5	Project management	20
1.6	Presentation and communications techniques	15
1.7	Legal and ethical issues	15
<b>2</b>	<b>Area 2 - Build</b>	<b>140</b>
2.1	Systems development process and methods	30
2.2	Data management and databases	30
2.3	Programming	60
2.4	User interface and web design	20
<b>3</b>	<b>Area 3 - Operate</b>	<b>130</b>
3.1	Computing components and architecture	20
3.2	Operating systems	20
3.3	Communications and networks	20
3.4	Network services	30
3.5	Wireless and mobile computing	10
3.6	Network management	10
3.7	Service delivery and support	20
	<b>Totale</b>	<b>400</b>

**TABELLA 1**

Struttura del *syllabus* EUCIP Core in termini di moduli e ore di studio

che riguardano lo sviluppo e l'implementazione di un sistema informatico e richiede conoscenze di tipo tecnologico soprattutto a livello software. L'area *Operate* è costituita da sette moduli che riguardano l'esercizio e il supporto di un sistema informatico e richiede conoscenze di tipo tecnologico su aspetti dei sistemi operativi e delle reti.

Una componente essenziale di EUCIP *Core* è rappresentata dal test online, un sistema automatico usato per la certificazione vera e propria. Il test utilizza il così detto *Question and Test Base* (QTB) ovvero un insieme prefissato di domande sugli argomenti definiti nel *syllabus*.

L'esame di certificazione è diviso in tre sezioni di 40 domande ciascuna per le aree *Build* e *Operate* e di 45 domande per l'area *Plan*. Per ogni sezione dell'esame, che può anche essere sostenuta in giorni diversi, si hanno a disposizione 90 min. Le domande – in lingua inglese – sono a risposta multipla. La soglia di superamento è del 60% di risposte corrette su ciascuna delle tre sezioni, ovvero occorre arrivare a 27 risposte corrette per l'area *Plan* e a 24 ciascuna per le aree *Build* e *Operate*.

## 2.2. EUCIP Elective

La certificazione EUCIP *Elective* prevede (al momento della stesura del presente articolo) un insieme di 21 profili corrispondenti alle principali figure professionali nel settore IT. Per ciascun profilo sono definite le conoscenze richieste per ottenere la corrispondente certificazione. In particolare, sono previsti cinque livelli di approfondimento: *Extra-neous*, *Introductory*, *Incisive*, *Deep*, *Major*. Per ogni singolo argomento viene stabilito il livello minimo necessario per conseguire la certificazione.

In corrispondenza ad ogni profilo sono proposti percorsi formativi composti da vari moduli che possono includere corsi e certificazioni proprietarie su una specifica tecnologia (per esempio, Cisco, Linux, Microsoft, Oracle, SUN Microsystems) certificazioni neutrali (per esempio, EUCIP IT Administrator) corsi universitari o altri corsi accreditati, cioè moduli didattici per i quali è riconosciuto un valore in termini di "punti EUCIP". Il percorso formativo individuale può essere personaliz-

zato scegliendo, nel rispetto dei vincoli definiti per ciascun profilo, i moduli che più si adattano agli specifici obiettivi di sviluppo professionale.

L'accREDITAMENTO di questi moduli può avvenire a livello locale tramite AICA o a livello internazionale tramite EUCIP. La certificazione EUCIP *Core* è un prerequisito per ottenere la certificazione EUCIP a livello *Elective*. Inoltre, per poter affrontare l'esame di specializzazione finale, sono richiesti 32 punti EUCIP (equivalenti a circa 800 ore di studio) da acquisire attraverso moduli accreditati.

L'esame per conseguire la certificazione EUCIP *Elective* avviene di fronte ad una commissione composta da esaminatori certificati e comprende due fasi:

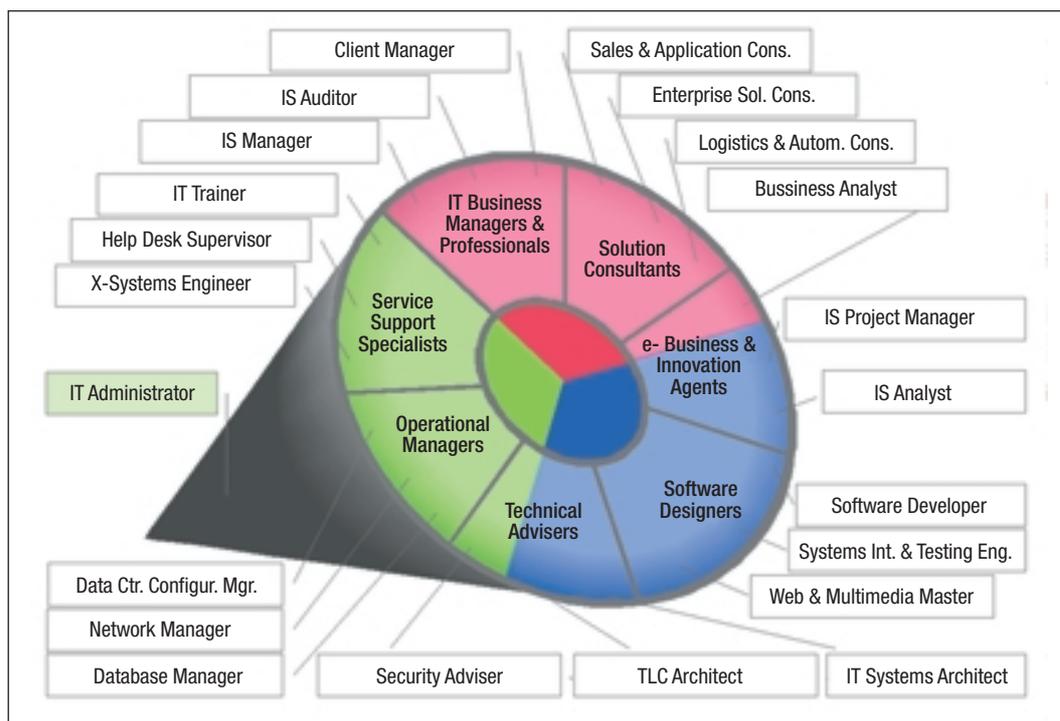
- la presentazione di un *portfolio* di esperienze che raccoglie anche gli accreditamenti ottenuti nel periodo di studio;
- un esame orale durante il quale sono rilevate le capacità di comunicazione, sono verificati i contenuti del *portfolio* e possono essere poste domande pertinenti alla specializzazione elettiva richiesta.

I 21 profili EUCIP *Elective* sono raggruppati in sette categorie professionali:

- Professionisti e manager di tecnologie dell'informazione
- Consulenti di soluzioni tecnologiche
- Agenti dell'innovazione e-business
- Progettisti software
- Consiglieri tecnici
- Gestori operativi
- Specialisti di supporto ai servizi.

Nella figura 1 i 21 profili sono connessi in vario modo alle tre aree in cui si articola la certificazione EUCIP di livello *Core*. I profili non sono stati definiti contemporaneamente. I primi quattro, definiti nel 2004, sono stati Business Analyst, Information Systems Analyst, Software Developer e Network Manager. All'elenco dei primi profili standard si è aggiunto quasi subito anche il profilo speciale EUCIP IT Administrator, l'unico indipendente dalla certificazione EUCIP *Core*.

Ciascun profilo è definito in termini di un insieme di competenze e di un insieme di moduli di apprendimento esemplificativi di come alcune delle competenze del profilo possano essere acquisite. Per esempio, per il profilo Network Manager tra i moduli esem-



**FIGURA 1**  
 Raggruppamento  
 dei profili EUCIP  
 (Fonte: CEPIS)

plificativi sono indicati sia corsi universitari su sistemi operativi, reti e sicurezza sia corsi su tecnologie proprietarie quali CISCO e Microsoft.

### 3. LA CERTIFICAZIONE EUCIP NELLE UNIVERSITÀ ITALIANE

AICA da sempre si impegna a sviluppare e diffondere la cultura informatica in Italia con particolare riferimento alle scuole e alle Università. Nel 1997 AICA ha iniziato ad occuparsi di certificazioni informatiche, dapprima con certificazioni di base, come la certificazione ECDL, ed in seguito con certificazioni di tipo professionale, come è il caso della certificazione EUCIP.

Al fine di analizzare l'introduzione e la diffusione delle certificazioni informatiche nel mondo universitario, nel 2001 AICA ha istituito, in collaborazione con CINI e Fondazione CRUI, l'Osservatorio sulle Certificazioni Informatiche negli Atenei Italiani (<http://osservatorio.consortio-cini.it>). L'Osservatorio cura indagini annuali finalizzate a raccogliere e diffondere le esperienze maturate dagli Atenei nell'ambito delle certificazioni informatiche, con particolare riferimento a quelle erogate da AICA. Pertanto, negli ultimi anni an-

che la certificazione EUCIP è stata oggetto delle indagini dell'Osservatorio.

Nel seguito di questo capitolo, si sintetizzeranno i risultati e le tendenze rilevate da queste indagini per i progetti EUCIP nel triennio 2004-2006, presentando sia il punto di vista istituzionale degli Atenei sia il punto di vista degli utenti, cioè degli studenti che hanno conseguito la certificazione EUCIP Core nel corso della loro carriera universitaria. Si sottolinea che le indagini annuali dell'Osservatorio rivolte agli Atenei sono state condotte interamente per via telematica, mentre l'indagine rivolta agli studenti è stata effettuata tramite interviste telefoniche.

Come si vedrà in seguito, il progetto EUCIP4U, attivato nel 2005 da AICA, con la collaborazione di CINI e Fondazione CRUI, e conclusosi nel settembre 2007, ha svolto una significativa azione di sensibilizzazione del mondo universitario verso la cultura delle certificazioni professionali ed in particolare della certificazione EUCIP.

#### 3.1. Punto di vista istituzionale

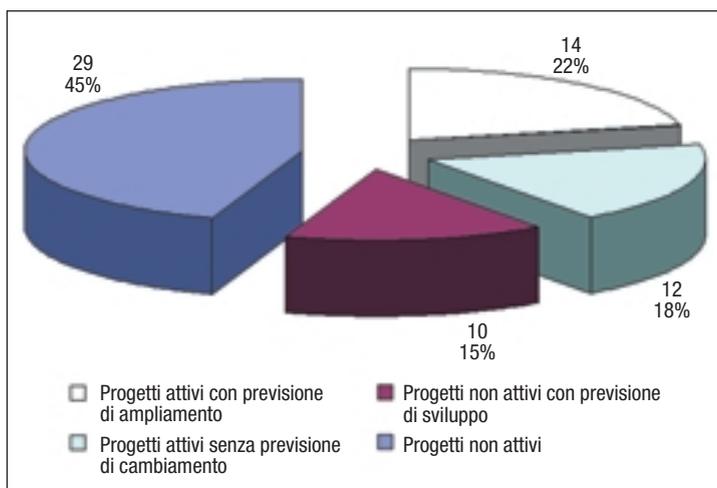
Un primo interessante aspetto preso in esame dalle indagini annuali dell'Osservatorio riguarda la diffusione di progetti di certificazione EUCIP Core negli Atenei. Nell'anno solare 2004 i progetti erano attivi soltanto pres-

so cinque dei 51 Atenei che avevano partecipato all'indagine. Già nell'anno solare 2005, in corrispondenza dell'attivazione del progetto EUCIP<sub>4U</sub>, si contavano ben 23 Atenei, sui 63 che avevano partecipato all'indagine. Nell'anno solare 2006, si è avuta un'ulteriore crescita e si sono censiti progetti EUCIP presso 26 Atenei (sui 65 che avevano partecipato all'indagine). Si sottolinea che la grande maggioranza di questi Atenei (17) sono mega Atenei o Atenei di grandi dimensioni. A livello di distribuzione geografica si ha una leggera prevalenza di Atenei del Nord Italia (11) mentre 9 sono gli Atenei del Sud e delle Isole e 6 quelli situati in Centro Italia.

La figura 2 mostra il dettaglio delle posizioni degli Atenei rispetto ai progetti EUCIP Core nell'anno solare 2006. Si nota che poco più della metà dei 26 Atenei con progetti attivi ha manifestato l'intenzione di ampliarli. Inoltre, 10 Atenei hanno mostrato l'intenzione di svilupparli. In totale, si può concludere che oltre la metà degli Atenei ha manifestato interesse verso questo tipo di certificazione.

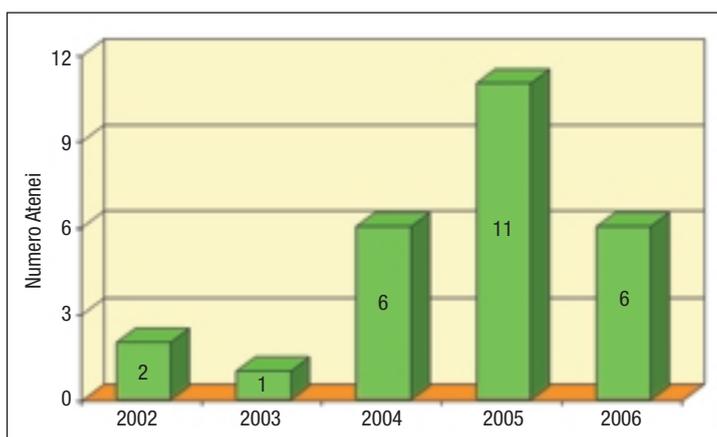
Si ricorda anche che i progetti di certificazione EUCIP sono rivolti ai futuri professionisti informatici, e quindi in prevalenza a studenti di Corsi di Studio di Informatica delle Facoltà di Ingegneria e di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali. Pertanto, la mancanza di progetti EUCIP presso alcuni Atenei non è da attribuire ad uno scarso interesse verso questo tipo di certificazione ma piuttosto alla mancanza di specifici Corsi di Studio a cui associare la certificazione stessa. Si fa notare infatti che solo presso tre su quattro degli Atenei che hanno partecipato all'indagine erano presenti Facoltà di Ingegneria e di Scienze.

La distribuzione degli anni di attivazione dei progetti di certificazione EUCIP Core, mostrata nella figura 3, evidenzia ancora una volta il forte impulso dato dal progetto EUCIP<sub>4U</sub>. La maggioranza degli Atenei ha attivato progetti EUCIP nel corso degli anni 2005 e 2006, mentre si sono censiti solo nove Atenei con progetti di certificazione EUCIP negli anni dal 2002 al 2004. Si sottolinea anche che nel corso del 2004 era stata attivata dal CINI una sperimentazione pilota che aveva coinvolto alcuni Atenei distribuiti sul territorio nazionale, presso cui erano stati avviati alla certificazione EUCIP stu-



**FIGURA 2**

*Diffusione di progetti di certificazione EUCIP Core nel mondo universitario nell'anno solare 2006*



**FIGURA 3**

*Anno di attivazione dei progetti EUCIP Core presso gli Atenei*

denti iscritti all'ultimo anno dei Corsi di Laurea triennale di Informatica e di Ingegneria Informatica e al primo anno delle corrispondenti Lauree Specialistiche. La sperimentazione si era basata su un corso di formazione e-learning che poi è stato usato anche in ambito EUCIP<sub>4U</sub> [8].

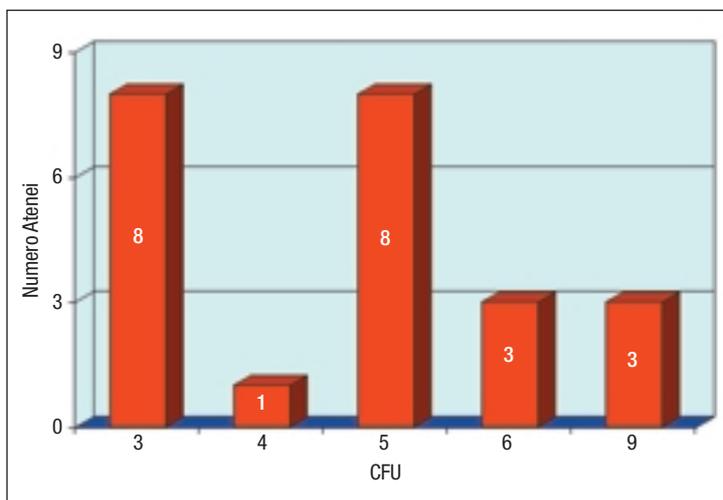
La quantificazione della certificazione EUCIP Core in termini di numero massimo di Crediti Formativi Universitari attribuiti dagli Atenei è mostrata nella figura 4. Si nota che i valori più frequenti sono 3 e 5 CFU, in linea con quanto suggerito da un documento congiunto dei due Gruppi Nazionali dei docenti universitari di Informatica di Ingegneria (GII) e di Scienze (GRIN). Esistono comunque tre Atenei che attribuiscono 9 CFU alla certificazione EUCIP, probabilmente a causa di situazioni locali particolari.

L'indagine ha anche mostrato che nella maggior parte degli Atenei il numero di CFU è stato attribuito in maniera univoca senza differenziazioni tra Facoltà e Corsi di Studio, evidenziando pertanto un buon coordinamento didattico a livello di singolo Ateneo.

L'analisi dei progetti EUCIP Core dal punto di vista quantitativo ha preso in esame anche il numero di studenti indirizzati alla formazione e il numero di certificazioni erogate. Nonostante l'interesse crescente mostrato dagli Atenei, il numero di studenti coinvolti in questi progetti è ancora piuttosto limitato. Per esempio, nell'anno solare 2005 sono stati indirizzati alla formazione EUCIP Core 3.123 studenti e sono state erogate 504 certificazioni,

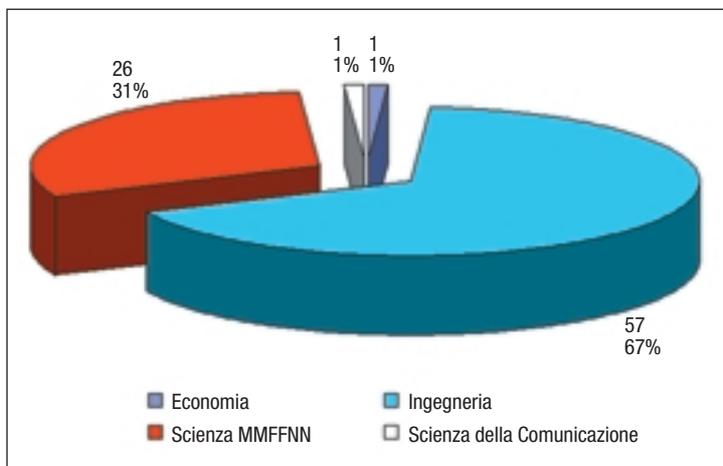
con un tasso di successo pari al 16,1%. Nell'anno solare 2006 il numero di studenti coinvolti nella formazione EUCIP (1.808) e il numero di certificazioni erogate (189) sono diminuiti sensibilmente. Una spiegazione di queste diminuzioni potrebbe essere attribuita ad alcune peculiarità del progetto EUCIP<sub>4U</sub> che nell'ambito della sperimentazione ha consentito agli studenti l'accesso gratuito ai corsi di formazione in modalità e-learning predisposti dal CINI e la possibilità di acquistare a tariffe preferenziali la Skills Card richiesta per sostenere i test online. Questi due aspetti potrebbero aver indotto gli studenti ad aderire ai progetti EUCIP Core senza però dar loro incentivi sufficienti, ad esempio in termini di CFU, a conseguire la certificazione.

L'indagine ha anche mostrato che in genere il tasso di successo degli studenti nei confronti della certificazione EUCIP Core è di gran lunga inferiore rispetto al tasso di successo – che si attesta intorno al 70% – rilevato dagli Atenei per progetti di certificazioni *vendor*. Va infatti sottolineato come le certificazioni destinate a professionisti dell'informatica, quale, per esempio, la certificazione EUCIP Core, rivestano un carattere di novità per il mondo universitario e la loro diffusione richieda una forte evidenza del loro riconoscimento da parte del mercato del lavoro, evidenza che presuppone un lungo e complesso processo di sensibilizzazione.



**FIGURA 4**

Andamento del numero massimo di CFU riconosciuti dagli Atenei alla certificazione EUCIP Core



**FIGURA 5**

Distribuzione per Facoltà degli studenti che hanno partecipato all'indagine

### 3.2. Punto di vista degli studenti

Come avvenuto per la certificazione ECDL [10], anche l'indagine sui progetti di certificazione EUCIP Core è stata arricchita ed integrata da interviste telefoniche su un campione di studenti che hanno conseguito la certificazione durante la loro carriera universitaria ed in particolare negli anni 2004, 2005 e 2006. Le interviste miravano a raccogliere il punto di vista degli studenti in relazione al loro gradimento, alle scelte operate e alle motivazioni per il conseguimento della certificazione EUCIP Core.

In totale sono stati intervistati 85 studenti appartenenti a 20 Atenei diversi. Mentre gli Atenei erano distribuiti uniformemente su tutto il territorio nazionale, gli studenti appartenevano in maggioranza (70%) ad Atenei del Nord Italia. Inoltre, come si può osservare dalla figura 5, oltre due terzi degli stu-

denti provenivano da Facoltà di Ingegneria, e poco meno di un terzo da Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali.

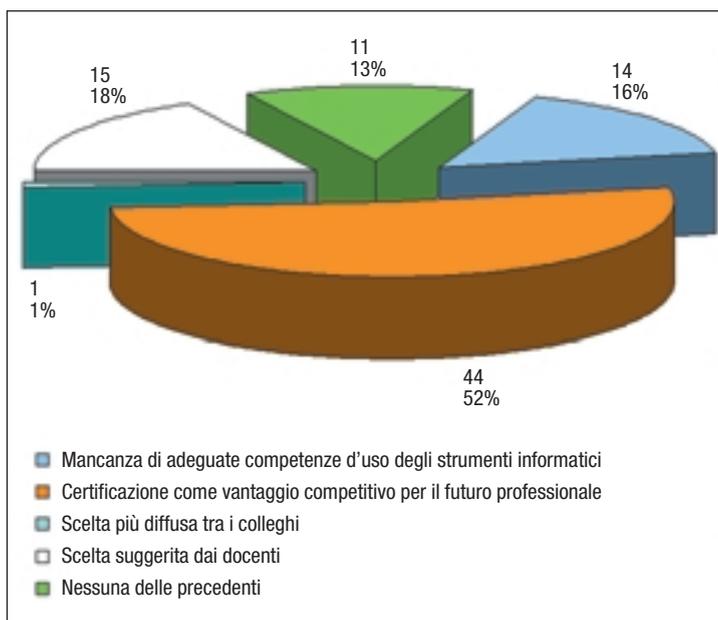
L'analisi dell'anno di corso in cui gli studenti hanno acquisito la certificazione EUCIP Core evidenzia una prevalenza del secondo, terzo e quarto anno. Da segnalare inoltre come gli studenti che hanno conseguito la certificazione EUCIP Core nella posizione di "fuori corso" siano più numerosi per le Facoltà di Scienze, un fatto che potrebbe essere spiegato con un'esigenza di professionalizzazione più marcata da parte dei laureati di questi Corsi di Studio.

Questa conclusione è anche confermata dall'analisi delle motivazioni che hanno portato gli studenti intervistati a conseguire la certificazione EUCIP Core. Come mostrato nella figura 6, è netta la prevalenza di una motivazione di tipo professionale.

Il confronto delle motivazioni espresse dagli studenti della Facoltà di Ingegneria e della Facoltà di Scienze non ha evidenziato differenze di rilievo se non nelle modalità "Scelta suggerita dai docenti", più frequente per gli studenti di Ingegneria (+4%).

Per quanto riguarda la preparazione per il conseguimento della certificazione EUCIP Core, solo 35 studenti (pari a circa il 41%) hanno dichiarato di aver dovuto effettuare una preparazione specifica, mentre ai restanti 50 studenti è bastata la preparazione avuta durante la carriera universitaria. Come evidenziato in precedenza, si tratta infatti, per la grande maggioranza, di studenti iscritti a Corsi di Studio di Informatica della Facoltà di Ingegneria o di Scienze. È tuttavia da segnalare una differenza piuttosto marcata tra gli studenti delle due Facoltà (Tabella 2).

Per quanto riguarda la modalità di preparazione utilizzata dai 35 studenti che hanno dovuto affrontare una preparazione specifica, è interessante osservare come per tre studenti su quattro la preparazione si sia basata su testi cartacei di tipo tradizionale (Figura 7). Questo è avvenuto malgrado fossero stati resi disponibili dal CINI corsi gratuiti da fruire in modalità e-learning. Peraltro, nessuno studente ha avuto formazione frontale in aula oppure esercitazioni assistite in laboratorio.



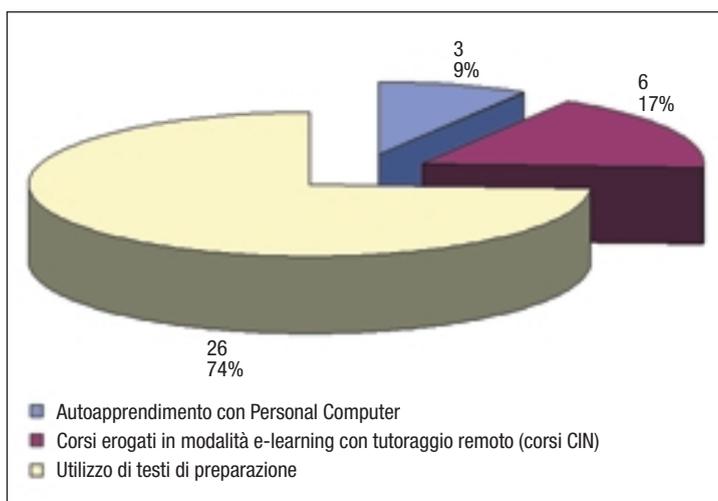
**FIGURA 6**

Motivazioni per il conseguimento della certificazione EUCIP Core

Facoltà	Preparazione specifica	Nessuna preparazione specifica
Ingegneria	35,09%	64,91%
Scienze	50,00%	50,00%
Tutte le Facoltà	41,18%	58,82%

**TABELLA 2**

Ruolo delle conoscenze pregresse per il conseguimento della certificazione EUCIP Core



**FIGURA 7**

Supporti didattici utilizzati in prevalenza per la preparazione alla certificazione EUCIP Core

Facoltà	Auto-apprendimento	Corsi in modalità e-learning	Testi cartacei
Ingegneria	15,00%	25,00%	60,00%
Scienze	0,00%	7,69%	92,31%
Tutte le Facoltà	8,57%	17,14%	74,29%

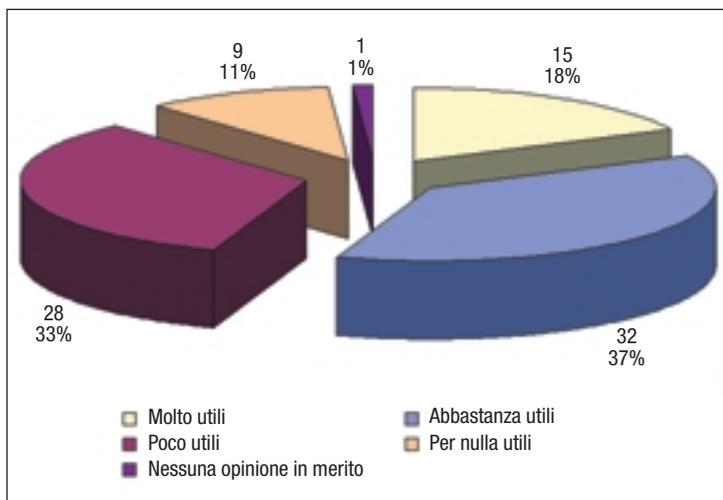
**TABELLA 3**

Supporti didattici utilizzati in prevalenza per la preparazione alla certificazione EUCIP Core

Facoltà	Per nulla soddisfatto	Poco soddisfatto	Abbastanza soddisfatto	Pienamente soddisfatto
Ingegneria	5,00%	5,00%	55,00%	35,00%
Scienze	0,00%	0,00%	84,62%	15,38%
Tutte le Facoltà	2,86%	2,86%	65,71%	28,57%

**TABELLA 4**

Livello di gradimento degli studenti rispetto al supporto didattico utilizzato per la preparazione alla certificazione EUCIP Core



**FIGURA 8**

Valutazione dell'utilità delle competenze certificate da EUCIP Core ai fini della carriera universitaria e/o professionale

Facoltà	Per nulla utili	Poco utili	Abbastanza utili	Molto utili	Nessuna opinione
Ingegneria	15,79%	29,82%	38,60%	15,79%	0,00%
Scienze	0,00%	42,31%	34,61%	19,23%	3,85%
Tutte le Facoltà	10,59%	32,94%	37,64%	17,65%	1,18%

**TABELLA 5**

Utilità delle competenze certificate da EUCIP Core per la carriera universitaria e/o professionale

La tabella 3 mette in luce differenze marcate tra gli studenti delle Facoltà di Ingegneria e di Scienze.

La quasi totalità degli studenti (pari a circa il 94%) si è dichiarata pienamente o comunque abbastanza soddisfatta del supporto utilizzato, con qualche differenza tra gli studenti di Ingegneria e quelli di Scienze (Tabella 4). La figura 8 sintetizza il livello di gradimento degli studenti nei riguardi della loro esperienza di certificazione, con particolare riferimento all'utilità delle competenze certificate da EUCIP Core ai fini della carriera universitaria e/o professionale.

La maggioranza degli studenti (pari a circa il 55%) ritiene la certificazione molto o abbastanza utile, ma il risultato è piuttosto diverso per gli studenti delle Facoltà di Ingegneria e di Scienze (Tabella 5). In particolare, circa il 16% degli studenti di Facoltà di Ingegneria ritiene nulla l'utilità della certificazione EUCIP Core.

Circa due terzi degli studenti ha manifestato l'esigenza di approfondire le competenze acquisite con la certificazione EUCIP Core. Notevoli sono però le differenze tra gli studenti delle Facoltà di Ingegneria e di Scienze (Tabella 6).

Gli argomenti richiesti dagli studenti per gli approfondimenti delle tre aree *Plan*, *Build* e *Operate*, oltre ad eventuali altri argomenti non compresi in queste aree, sono riportati nella figura 9. Si precisa che le esigenze di approfondimenti potevano riguardare uno o più argomenti.

Sorprendentemente la scelta prevalente (con una percentuale di risposte pari al 48,2%) è stata l'area *Operate*, ovvero argomenti riguardanti principalmente sistemi operativi e reti di calcolatori, mentre l'area *Plan*, ovvero nozioni di economia gestionale, ha una percentuale di scelte (pari al

42,9%) che risulta inferiore anche ad altri argomenti non presenti nelle tre aree. Non sorprende invece la limitata esigenza di approfondire argomenti dell'area *Build*, cioè riguardanti il software, se si considera la ricchezza di insegnamenti su tale argomento presente in molti Corsi di Studio di Informatica. Tuttavia si riscontrano anche in questo caso differenze sostanziali tra gli studenti di Ingegneria e di Scienze. Per esempio, dei 20 studenti di Scienze che manifestano esigenze di approfondimenti, solo un quarto è interessato all'area *Operate*, mentre dei 35 studenti di Ingegneria sono 21 quelli interessati a quest'area.

Infine, l'indagine ha valutato la diffusione delle conoscenze sulla certificazione EUCIP *Elective*, che rappresenta il proseguimento naturale della certificazione EUCIP *Core*. Il 92% degli studenti intervistati si è detto a conoscenza di questa certificazione ed uno studente ha dichiarato di averla già conseguita. In conclusione, si può quindi affermare che complessivamente gli studenti intervistati riconoscono l'importanza della certificazione EUCIP *Core* ai fini della loro carriera universitaria e/o professionale e confermano l'esigenza di approfondire le conoscenze acquisite con la certificazione EUCIP *Core*. I risultati sugli aspetti formativi potrebbero pertanto costituire un utile punto di partenza per la progettazione di nuove iniziative didattiche.

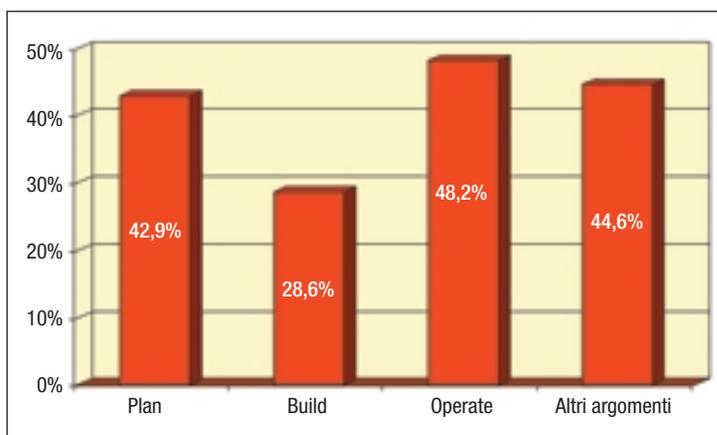
#### 4. I PROFILI EUCIP COME SCHEMA DI RIFERIMENTO PER LA VALUTAZIONE DELLE COMPETENZE IT

Come già sottolineato – e come discusso anche in [14] – la certificazione EUCIP può essere utilizzata per scopi anche molto più ampi della sola attestazione di competenze possedute da un professionista IT. La certificazione, vista come attestazione di capacità e conoscenze individuali, è infatti solo una componente di EUCIP, i cui obiettivi vanno ben oltre: si focalizzano sulle competenze, quindi sui saperi teorico/pratici necessari per le professioni IT, con un'attenzione particolare alle esigenze del mondo del lavoro e alla necessità di supportare l'espansione tecnologica in Europa.

Facoltà	Esigenza di approfondimenti	Nessuna esigenza di approfondimenti
Ingegneria	61,40%	38,60%
Scienze	76,92%	23,08%
Tutte le Facoltà	65,88%	34,12%

**TABELLA 6**

*Esigenze degli studenti di approfondire le conoscenze acquisite con la certificazione EUCIP Core*



**FIGURA 9**

*Approfondimenti necessari dopo il conseguimento della certificazione EUCIP Core*

Tali competenze – accuratamente individuate dal gruppo di sviluppo della certificazione EUCIP e attribuite ai diversi profili *Elective* descritti in precedenza – possono dunque costituire un quadro di riferimento estremamente valido per facilitare l'incontro tra domanda e offerta di professionisti IT, aiutando da un lato le aziende ad indicare con maggiore chiarezza i propri fabbisogni, dall'altro i professionisti IT ad (auto)valutare le proprie competenze e il proprio livello di competitività in un contesto europeo, quindi sovranazionale e scevro da "contaminazioni" dovute alle peculiarità dei diversi Paesi.

A questo proposito, un'interessante iniziativa che merita di essere citata è il *Cantiere dei Mestieri ICT* (<http://domino.aicanet.it/beta/dev/comuinfo.nsf>): un servizio che AICA mette a disposizione dei propri soci come strumento di posizionamento nell'ambito del suddetto quadro di riferimento europeo delle competenze costituito da EUCIP (si veda a tale proposito il riquadro curato da R. Bellini a p. 52 e 54).

Il Cantiere dei Mestieri è in realtà una delle varie iniziative tese a diffondere EUCIP come

standard europeo di riferimento per la definizione e la valutazione delle competenze ICT: tali iniziative vedono come principale arena di lavoro lo *European e-skills Forum*, attivato dalla Comunità Europea nel marzo 2003 e composto da rappresentanti degli Stati Membri, da Cedefop (European Centre for the Development of Vocational Training: <http://www.cedefop.europa.eu>) da OECD (*Organisation for Economic Co-operation and Development*: <http://www.oecd.org>) e da altre parti interessate tra cui lo stesso CEPIS.

Tra le numerose attività di analisi della situazione europea relativamente alle competenze attivate nell'ambito dello *European e-skills Forum*, è importante citare il documento, prodotto dal CEN (*Comité Européen de Normalisation*: <http://www.cen.eu/cenorm/homepage.htm>) nel quale si discute la necessità di un meta-framework di riferimento, avente lo scopo di "promuovere nell'Unione Europea una migliore comprensione della natura e della struttura delle competenze richieste dai datori di lavoro ai professionisti ICT" [12].

Il meta-framework, che non si prefigge di definire un nuovo schema di classificazione delle competenze, bensì di integrare i framework più diffusi adottati nei diversi Paesi dell'Unione, prende in considerazione EUCIP, sottolineandone la caratteristica di integratore tra competenze professionali e conoscenze acquisite in percorsi formativi tradizionali come quelli accademici e pertanto valorizzando ulteriormente questa caratteristica di EUCIP di costituire un punto di raccordo ideale tra formazione in aula e formazione sul campo.

È anche opportuno segnalare che, oltre ad un uso in ambito didattico, EUCIP è stato preso come punto di partenza per progetti di ricerca da alcuni centri universitari.

## 5. CONCLUSIONI

L'incessante crescita delle innovazioni tecnologiche, la loro rapida diffusione e l'elevata competitività evidenziano gravi carenze di abilità adeguate nel settore informatico, sia per insufficienti competenze degli individui, sia per il disallineamento di tali competenze rispetto al mercato del lavoro.

Le imprese richiedono sempre più una forza lavoro capace di sviluppare e gestire l'innovazione, creando processi produttivi in grado di utilizzare al meglio le nuove tecnologie e anticipare le tendenze del settore, sfruttandone le potenzialità.

Questa situazione rende necessari sistemi di valutazione più articolati di un tempo, basati cioè non solo sulle conoscenze di tipo tecnologico, ma anche sulle competenze necessarie a utilizzarle, svilupparle, implementarle, in contesti di innovazione multiculturali, dinamici e instabili.

Una tendenza ormai largamente diffusa nei Paesi a più elevato livello di innovazione è la misura delle competenze e delle abilità attraverso un processo di certificazione effettuato secondo standard riconosciuti a livello internazionale. Titolo scolastico e certificazione professionale vengono quindi a rappresentare due aspetti complementari del nuovo paradigma di sviluppo del capitale umano nella società della conoscenza; il ruolo di ponte tra *know-how* disciplinare e mondo del lavoro conferisce ai sistemi di certificazione delle competenze una posizione chiave nella società dell'informazione: grazie ad essi, infatti, si riesce a rispondere con tempestività alle esigenze delle imprese senza, con ciò, snaturare i contenuti della formazione disciplinare.

Questo articolo ha presentato la certificazione europea EUCIP per i professionisti del settore dell'informatica, messa a punto dal CEPIS e gestita a livello italiano da AICA. Le sue caratteristiche peculiari rispetto agli schemi di certificazione più diffusi sul mercato sono:

- la presenza di due livelli di certificazione: uno destinato ad acquisire competenze terminologiche trasversali, l'altro pensato per profili specialistici;
- l'indipendenza dai singoli *vendor*, le cui certificazioni possono comunque costituire elementi del *portfolio* di competenze richieste per acquisire la certificazione;
- la predisposizione intrinseca al suo inserimento in percorsi formativi universitari, dal momento che tale certificazione prevede esplicitamente un'integrazione tra formazione universitaria e formazione professionale.

L'articolo ha anche presentato i primi risultati di un'esperienza di promozione della certificazione EUCIP negli Atenei italiani, dimostrando l'interesse dei partecipanti (in particolare degli studenti certificati) e le potenzialità di estensione della certificazione stessa a fasce più ampie di Corsi di Studio di natura scientifico-tecnologica.

È auspicio degli autori che queste esperienze possano essere riconosciute e valorizzate, soprattutto in un momento – come quello attuale – di revisione della struttura e dei programmi didattici dei Corsi di Studio universitari, revisione che potrebbe focalizzarsi sulla valenza professionalizzante dei percorsi di studio triennali integrando in tali percorsi una certificazione professionale come EUCIP riconosciuta a livello europeo.

### Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare i Referenti delle Università che hanno partecipato con costanza alle indagini promosse dall'Osservatorio. Un particolare ringraziamento va anche a Fabrizio Agnesi e Paolo Schgör di AICA per i preziosi consigli ricevuti durante la redazione del presente articolo. Gli autori desiderano infine ringraziare Marcello Beccaria, Pietro Marzani e Ilaria Scarabottolo per la preziosa collaborazione fornita nell'ambito delle attività dell'Osservatorio, oltre ad AICA, CINI e Fondazione CRUI per il costante incoraggiamento.

### Bibliografia

- [1] Sito Osservatorio AICA-CINI-Fondazione CRUI sulle Certificazioni ICT negli Atenei Italiani, <http://osservatorio.consortio-cini.it>.
- [2] Sito Cantiere dei Mestieri ICT, <http://domino.aicanet.it/beta/dev/comuinfo.nsf>.
- [3] Sito Cedefop, <http://www.cedefop.europa.eu>.
- [4] Sito Comité Européen de Normalisation, <http://www.cen.eu/cenorm>.
- [5] Sito CEPIS, <http://www.cepis.org>.
- [6] Siti EUCIP, <http://www.eucip.com> e <http://www.eucip.it>.
- [7] Sito EUCIP4U, <http://www.fondazionecrui.it/eucip4u>.
- [8] Sito EUCIP del CINI, <http://eucip.consortio-cini.it>.
- [9] Sito Organisation for Economic Co-operation and Development, <http://www.oecd.org>.
- [10] Alfonsi C.R., Breno E., Calzarossa M.C., Ciancarini P., Maresca P., Mich L., Sala F., Scarabottolo N.: La Certificazione ECDL negli Atenei Italiani. *Mondo Digitale*, anno VI, n. 3, settembre 2007, p. 48-61.
- [11] Alfonsi C.R., Calzarossa M.C., Ciancarini P., Maresca P., Mich L., Sala F., Scarabottolo N.: Certificazioni delle conoscenze informatiche nelle Università Italiane. *Mondo Digitale*, anno V, n. 4, dicembre 2006, p. 47-59.
- [12] Comité Européen de Normalisation: *European ICT Skills Meta-Framework – State-of-the-Art review, clarification of the realities, and recommendations for next steps*. Workshop Agreement, CWA 15515, February 2006.
- [13] The Computing Technology Industry Association – CompTIA: *The Situation and the Role of E-Skills Industry Certification in Europe*. August 2004.
- [14] The EUCIP Model: *A standard approach to the definition and measurement of ICT Competences*. Documento AICA, Marzo 2007. Disponibile sul sito: <http://www.eucip.it>.

CRISTIANA RITA ALFONSI dal 1996 è Responsabile dell'Unità Progetti, Servizi e Formazione della Fondazione CRUI, occupandosi in particolare della progettazione, della gestione e del coordinamento, del monitoraggio e della valutazione, della formazione del personale universitario non docente, dell'orientamento. I progetti più importanti di cui si è occupata in questo periodo sono: Campus (1996-2000); Credits (1998-2000); Apollo (1999-2000); CampusOne (2000-2003); IT4PS (2003-2004); EUCIP4U (2005-2007); B1-on-line (2005-2007). Ha diretto e coordinato la ricerca sul tutorato universitario e il management didattico. Ha progettato l'Osservatorio sull'e-learning universitario in Italia ed è stata Responsabile del Progetto ELUE (E-Learning and University Education) co-finanziato dall'Unione Europea. È attualmente Responsabile del Progetto TRIS – finanziato dal Ministero della Pubblica Istruzione – e della linea "Formazione" del Progetto FIORI – finanziato dal MiUR su fondi comunitari. E-mail: [alfonsi@fondazionecrui.it](mailto:alfonsi@fondazionecrui.it)

ELENA BRENO esperta nella gestione di banche dati, dal 1995 ha partecipato a numerose attività di ricerca del Centro Studi della Fondazione CRUI, curando la progettazione e la gestione delle banche dati di riferimento. In particolare, fa parte del gruppo di ricerca CRUI che svolge attività di analisi sulla banca dati americana Thomson-ISI; tale attività ha permesso di individuare e sviluppare indicatori bibliometrici standard per la valutazione della produzione scientifica italiana. E-mail: [breno@fondazionecrui.it](mailto:breno@fondazionecrui.it)

MARIA CARLA CALZAROSSA Professore ordinario di Impianti di Elaborazione presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pavia. Dal 2002 coordina il Gruppo

di Lavoro che ha realizzato l'Osservatorio Permanente delle Certificazioni Informatiche negli Atenei Italiani (<http://osservatorio.consortio-cini.it>). Collabora con la Commissione Europea per attività di valutazione e monitoraggio dei Programmi Quadro.  
E-mail: [mcc@unipv.it](mailto:mcc@unipv.it)

PAOLO CIANCARINI Professore ordinario di Informatica all'Università di Bologna, dove insegna Ingegneria del Software. È socio e consigliere di AICA, nonché membro del Comitato Scientifico di Mondo Digitale. Fa parte del Gruppo di Lavoro che ha realizzato l'Osservatorio Permanente delle Certificazioni Informatiche negli Atenei Italiani. Dal 2007 è Direttore del Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Informatica (CINI).  
E-mail: [ciancarini@cs.unibo.it](mailto:ciancarini@cs.unibo.it)

PAOLO MARESCA Professore associato di Sistemi per l'Elaborazione delle Informazioni presso il Dipartimento di Informatica e Sistemistica dell'Università di Napoli Federico II. Fa parte del Gruppo di Lavoro che ha realizzato l'Osservatorio Permanente delle Certificazioni Informatiche negli Atenei Italiani. È membro dell'AICA ed è valued member dell'IEEE. Autore di circa 100 lavori in congressi, e riviste nazionali ed internazionali su tematiche ICT, è referee e associated editor di riviste internazionali nel settore informatico e coordinatore della comunità italiana di Eclipse.  
E-mail: [paomares@unina.it](mailto:paomares@unina.it)

LUISA MICH Professore associato di Ingegneria Informatica presso l'Università di Trento. Fa parte del Gruppo di Lavoro che ha realizzato l'Osservatorio Permanente delle Certificazioni Informatiche negli Atenei Italiani. È promotore dell'ECDL (European Computer Driving License) nell'Università di Trento, prima Università Italiana ad avviare tale iniziativa.  
E-mail: [luisa.mich@economia.unitn.it](mailto:luisa.mich@economia.unitn.it)

FULVIA SALA dopo aver conseguito un Master in Statistica presso l'Università della California - Berkeley, ha ricoperto ruoli direttivi nell'area del marketing e della pianificazione nel settore informatico. Collabora con AICA dove svolge attività di consulenza nelle stesse aree.  
E-mail: [fulvia.sala@aicanet.it](mailto:fulvia.sala@aicanet.it)

NELLO SCARABOTTOLO Professore ordinario di Informatica presso il Dipartimento di Tecnologie dell'Informazione dell'Università di Milano, collabora da tempo con la Fondazione CRUI e con AICA su progetti di definizione, diffusione e monitoraggio delle certificazioni ICT nelle università italiane. Fa parte del Gruppo di Lavoro che ha realizzato l'Osservatorio Permanente delle Certificazioni Informatiche negli Atenei Italiani. È Honorary Secretary del CEPIS (il Council of European Professional Informatics Societies) l'ente che riunisce le Associazioni europee di informatica, di cui AICA è la rappresentante per l'Italia.  
E-mail: [nello.scarabottolo@unimi.it](mailto:nello.scarabottolo@unimi.it)

## Servizi EUCIP e Cantiere dei Mestieri ICT

*a cura di Roberto Bellini, AICA*

La disponibilità dello Standard EUCIP in termini di competenze e profili professionali necessari per pianificare, realizzare e gestire le varie fasi del ciclo di vita dei sistemi ICT è la base per ottenere che imprese, istituzioni, associazioni, fornitori di ICT, agenzie ed enti di formazione, agenzie ed enti di reclutamento e selezione e, naturalmente professional e manager a titolo individuale, possano confrontare rispetto ad un riferimento unico le rispettive conoscenze, le proprie prassi di valutazione dei problemi e l'individuazione delle soluzioni relative al miglioramento delle professionalità nel settore.

È ragionevole ipotizzare che tutti i vari tipi di "stakeholder" citati siano disponibili ad assumere il modello proposto come riferimento e ad adottarlo in termini operativi, solo se ci sono una serie di servizi a sostegno delle attività di analisi dello stato di fatto, di supporto alla diagnosi rispetto agli standard di riferimento, di supporto alla pianificazione degli interventi e alla loro implementazione e messa in opera e, infine, di verifica dei risultati ottenuti: i Servizi basati sullo standard EUCIP costituiscono la risposta a questo tipo di esigenza, tenendo conto delle specificità di due tipologie di utilizzo

- Da parte degli individui, cioè dei professional e dei manager che già lavorano, ma anche degli studenti e soprattutto dei docenti della Scuola e dell'Università che hanno il compito di alimentare l'accrescimento e l'aggiornamento delle conoscenze lungo la vita di lavoro di ogni singolo lavoratore o aspirante tale;
- Da parte delle imprese e degli enti della PA, in cui il soggetto su cui intervenire è ancora il lavoratore dipendente o una terza parte, ma l'impostazione dell'analisi e i risultati sono predisposti per fornire indicazioni su problemi e su tipi di intervento a livello di organizzazione, invece che a livello individuale.

Nel portafoglio dei Servizi EUCIP troviamo:

□ servizi **strutturati** e **strumentati**: *strutturati* nel senso che adottano in termini di architettura i modelli di riferimento introdotti con il framework EUCIP (la profilatura delle professionalità basata su competenze, l'articolazione dei sottoprocessi del Ciclo di Vita di un Sistema ICT, la definizione dei percorsi formativi e di certificazione) e *strumentati* nel senso che per ogni profilo sono disponibili tool di *assessment delle competenze*, di *analisi del gap* fra competenze disponibili e competenze previste dal framework di riferimento, di pianificazione degli *interventi formativi*, di *erogazione* dei moduli formativi accreditati e di valutazione dei *risultati della formazione* rispetto agli obiettivi di *certificazione*; i Servizi di certificazione *Core* ed *Elective* completano il portafoglio;

□ *glossari, dizionari, guide operative, documenti informativi* e quanto altro ritenuto adeguato per permettere a ciascuna impresa o ente della PA di accompagnare i servizi in modo da poterli utilizzare accedendo attraverso i Centri di Competenza Accreditati.

Il **Cantiere dei Mestieri ICT** invece è un'iniziativa di AICA riservata ai suoi soci, che per la grandissima maggioranza sono specialisti ICT che operano in azienda o negli enti della PA come dipendenti o come consulenti, a livello sia professionale che manageriale e sono interessati sia al miglioramento delle proprie competenze che al miglioramento della propria professionalità complessiva.

Il Cantiere dei Mestieri mette infatti al centro della discussione e della riflessione dei soci tutti e tre pilastri su cui si basa il professionismo ICT e cioè:

□ la **Competenza**, che dimostra il possesso rilevante di conoscenze elementari e di capacità appropriate ad una particolare attività o a uno specifico ruolo, integrato da un'esperienza pratica che completa la conoscenza teorica - il saper fare in un contesto dato;

□ l'**Integrità**, la **Responsabilità** e l'**Affidabilità**, che si riferiscono a coloro che sono in grado di assumersi una personale responsabilità e impegno per la realizzazione di progetti che hanno preso in carico e su cui lavorano finché non hanno ottenuto un risultato conforme. Diventare un professional richiede inoltre l'impegno a tener fede ad un codice di condotta pubblico definito da istituzioni professionali o dalla stessa comunità professionale;

□ il **Riconoscimento**, che si riferisce al fatto che il professionismo ICT richiede un impegno a lavorare nel miglior interesse della società e la consapevolezza di avere un insieme di impegni e di responsabilità verso la professione, che il professionista è impegnato a contribuire a regolare e sviluppare. Nel riconoscimento assume un importante significato il valore della retribuzione o della tariffa pagata dal datore di lavoro.

Mentre i Servizi EUCIP forniscono una risposta al primo dei tre pilastri identificati (come gestire il sistema delle competenze fondato su un Corpo di Conoscenze Essenziali - quelle dello standard EUCIP) i servizi e gli eventi del Cantiere dei Mestieri ICT forniscono ai soci un luogo di sviluppo e miglioramento della professionalità ICT nel suo complesso.

Il Servizio fondamentale per la gestione delle proprie competenze per professional e manager del settore ICT è costituito dal Profilo di Prossimità, che attraverso un Report Personalizzato fornisce:

□ l'identificazione del proprio profilo, basato sulle competenze disponibili, più *prossimo* a quello dei 21 profili professionali definiti dallo Standard EUCIP;

□ l'indicazione dello scostamento tra le competenze possedute nel profilo attuale e quelle necessarie (da sviluppare, in eccesso e in comune) per soddisfare quanto previsto dal Profilo Standard EUCIP che il professional o il manager considera il proprio *profilo obiettivo*.

I servizi per i soci sono completati

□ dal servizio My-Pay AICA, che permette di avere un'indicazione rispetto al valore che il mercato riconosce al profilo attuale e a quello obiettivo;

□ dalla Biblioteca on-line, per accedere a tutti gli articoli, i documenti, le ricerche, ecc. che la redazione AICA o i soci ritengono di interesse per il miglioramento della professionalità ICT;

□ dalle ricerche annuali che AICA pubblica per fornire indicazioni aggiornate sulla situazione, l'evoluzione e le prospettive delle professionalità ICT nei rispettivi mercati del lavoro: per l'anno in corso sono disponibili il Rapporto sulle Professioni ICT 2007 e il Rapporto sugli sbocchi nel Mercato del lavoro ICT per neodiplomati e neolaureati;

□ dai programmi di eventi del Cantiere centrati sulle Competenze per l'Innovazione, realizzati a livello locale dalle Sezioni AICA.

Infine, attraverso i Centri di Competenza Accreditati, sono disponibili i seguenti ulteriori servizi:

□ Disegno dei Percorsi Formativi, che permette di ottenere tutte le informazioni per costruire i possibili itinerari formativi utili per l'acquisizione dell'eventuale certificazione EUCIP nel profilo obiettivo scelto;

□ Certificazioni EUCIP *Core*, *Elective* e *IT Administrator*, corredate dalle indicazioni necessarie per prepararsi e poi sostenere l'esame di certificazione per il profilo EUCIP obiettivo scelto dal candidato.

# Rapporto 2007 sulle Professioni ICT

a cura di Roberto Bellini, AICA

## PERCHÉ UN RAPPORTO SULLE PROFESSIONI ICT

Il Rapporto 2007 sulle Professioni ICT preparato da AICA-EUCIP per l'Italia, punta a colmare il vuoto di conoscenza sui profili professionali nel settore. Giunto alla sua seconda edizione, costituisce un contributo importante per il raccordo tra l'osservazione sistematica dell'evoluzione delle professioni ICT e l'affermazione, anche in Italia, di un modello di classificazione delle competenze, basato sullo Standard EUCIP e di immediata utilità per i percorsi formativi e di certificazione delle competenze.

L'adozione in Italia dello Standard EUCIP del CEPIS ha permesso di sistematizzare i riferimenti e di contribuire, con l'introduzione delle certificazioni, a rafforzare il sostegno alla conoscenza e all'innovazione delle professionalità digitali, perché nessun professionista ICT che voglia restare sul mercato del lavoro può pensare di non rinnovare, testare e certificare le proprie competenze in un settore ove oltre la metà delle conoscenze diventa obsoleta in meno di 5 anni.

## OBIETTIVI E METODOLOGIA

Il Rapporto 2007 sulle Professioni ICT analizza per ognuno dei 21 profili professionali EUCIP come i vari profili si distribuiscono a livello geografico, per settori e dimensioni d'impresa, per età e anzianità nella posizione, per sesso; e ancora, mostrando le dinamiche retributive, anche con confronti con Francia e Spagna.

I dati utilizzati per l'analisi sono quelli del data base OD&M, società specializzata in servizi retributivi, che da 6 anni rileva l'andamento delle retribuzioni dei dipendenti nelle aziende italiane, francesi e spagnole di quasi tutti i settori.

Dal database delle posizioni retributive del 2006 sono stati estratti i dati riguardanti le 26.000 registrazioni che attengono agli addetti del settore ICT.

## STRUTTURA DEL RAPPORTO

L'analisi è stata condotta riclassificando i vari mestieri secondo lo standard EUCIP, e analizzando i risultati per profilo, per insiemi di profili e in totale secondo il seguente indice:

- 1. Il campo di indagine dei mestieri dell'ICT in Italia:** comprende tutti i profili rilevati sul mercato con due esclusioni: quella degli addetti nel settore pubblico e quella dei consulenti liberi professionisti, per i quali non sono disponibili dati.
- 2. L'analisi dei profili professionali,** per ciascuna delle sette aree professionali in cui i 21 + 1 profili sono raggruppati.
- 3. I 21 + 1 profili in dettaglio:** ogni profilo è analizzato in termini di
  - a. distribuzione territoriale e per anzianità, sesso e tipologia di azienda in cui opera;
  - b. retribuzione del profilo, a livello nazionale e con confronti con Spagna e Francia.

## QUALCHE RISULTATO DEL RAPPORTO 2007

I 21 Profili dello Standard EUCIP sono raggruppati nelle sette aree di professionalità indicate nell'articolo: i profili nelle sette aree di professionalità si distribuiscono per i 2/3 nelle imprese del settore ICT e solo per 1/3 nelle imprese degli altri settori di industria (NON ICT). Solo l'area degli IT Business Managers & Professionals mostra una distribuzione opposta: per il 73% i profili dell'area sono infatti presenti presso le imprese dei settori NON ICT (Finanza, Commercio e Turismo, Industria e altri settori) dato che queste sono le figure professionali che racchiudono le principali competenze che permettono ad una banca o ad una catena di supermercati (domanda di ICT) di sviluppare e gestire sistemi informativi di supporto alle attività e ai servizi per il business; è altrettanto evidente che i profili professionali nelle aree dei Solution Consultant, degli e-Business Agents e dei Software Developers e dei Technical Advisers sono prevalenti nel settore ICT perché costituiscono la principale risorsa di business del settore: sono quei professional e manager che vengono "venduti" alle aziende lato domanda per sviluppare i nuovi progetti di cui le imprese hanno bisogno.

Sono invece presenti in quantità sostanzialmente confrontabili i profili delle aree degli Operational Managers e dei Service Support Specialists, dato che in termini operativi questi profili devono supportare l'operatività dei sistemi informativi come addetti nelle medie e grandi imprese oppure fanno lo stesso mestiere presso i piccoli fornitori di servizi ICT per conto delle piccole e piccolissime imprese del lato domanda.

Per tutti i profili rilevati è stato analizzato anche l'inquadramento contrattuale: emerge dall'analisi che oltre il 70% delle 26.000 figure rilevate nel campione è costituito da impiegati, con i quadri che coprono circa il 18% del campione e un 4-5% di dirigenti.

Sul piano della distribuzione territoriale quasi il 50% dei profili nelle varie aree professionali si concentra nel Nord Ovest, mentre il Centro Italia assorbe il 25% circa del campione e il Sud e il Nord Est insieme fanno il restante 25%.

Interessanti sono due analisi che riguardano il confronto fra Italia, Francia e Spagna rispettivamente per l'età media degli addetti nei vari profili professionali e per i livelli retributivi.

L'analisi per età media degli addetti mette in evidenza che effettivamente in Italia gli specialisti nei vari profili professionali sono mediamente più vecchi dei corrispondenti profili sia della Spagna che della Francia: gli specialisti italiani risultano avere un'età media di 35 anni contro i 33,2 dei colleghi francesi e i 32 anni degli specialisti spagnoli; in tutti e tre i paesi risulta comunque un'età media leggermente superiore per gli specialisti che lavorano presso imprese lato domanda, giustificata dal fatto che in sede di applicazione delle tecnologie digitali qualche anno di esperienza in più può essere molto importante.

Per quanto riguarda la retribuzione media invece sono gli specialisti francesi che hanno le remunerazioni più alte con 39,5 K€ all'anno di Retribuzione Totale Lorda Annuata, contro i 33,3 K€ annui degli specialisti italiani e i 26,7 K€ di quelli spagnoli.

## REFERENZA

[1] Rapporto 2007 sulle Professioni ICT - edito da Il Cantieri dei Mestieri ICT, AICA, Dicembre 2007.



# ICT E INNOVAZIONE D'IMPRESA

## Casi di successo

### Rubrica a cura di

Roberto Bellini, Chiara Francalanci

La rubrica *ICT e Innovazione d'Impresa* vuole promuovere la diffusione di una maggiore sensibilità sul contributo che le tecnologie ICT possono fornire a livello di innovazione di prodotto, di innovazione di processo e di innovazione di management. La rubrica è dedicata all'analisi e all'approfondimento sistematico di singoli casi in cui l'innovazione ICT ha avuto un ruolo critico rispetto al successo nel business, se si tratta di un'impresa, o al miglioramento radicale del livello di servizio e di diffusione di servizi, se si tratta di una organizzazione pubblica.

## Core Knowledge Management Il caso Fontana

Stefania Bandini

### 1. INTRODUZIONE

**S**ono molteplici e di diversa natura le competenze e le conoscenze che concorrono al mantenimento di coesione che un'azienda deve possedere per raggiungere i suoi obiettivi di produzione e di profitto. I sistemi di gestione della conoscenza (KM – *Knowledge Management* [1]) mettono oggi a disposizione metodi, strumenti computazionali e tecnologie molto sofisticati, in continua evoluzione e in grado di rappresentare e trattare dati e conoscenze di natura eterogenea, in modo da affrontare la sfida della creazione di ambienti sempre più aderenti alla complessa evoluzione del modo di crescere delle organizzazioni.

Tra i vari tipi di conoscenze che concorrono all'esistenza e allo sviluppo dei qualsiasi forma organizzativa volta all'ambito della produzione, quella che caratterizza e supporta il core business gioca un ruolo speciale: si tratta di *Core Knowledge* [2, 3].

La competenza nel disegnare strategie di progettazione ed il capitale di *know how* indispensabile alla messa in opera di prodotti innovativi costituisce l'effettivo patrimonio di conoscenza presso aziende che si muovono in ambienti fortemente competitivi sul piano produttivo e com-

merciale: questo insieme di competenze di natura formale ed esperienziale che permettono di gestire ad un tempo fasi routinarie del lavoro e di affrontare nuovi scenari di Problem Solving definiscono l'ambito delle Conoscenze di Valore. Vogliamo qui illustrare un caso di successo di applicazione di un approccio di *Core Knowledge Management* focalizzato sul supporto alla Comunità di Pratica preposta alle attività di *Core Knowledge* nell'ambito della progettazione di complessi sistemi meccanici presso "Fontana Pietro SpA" (FP).

### 2. SETTORE DI ATTIVITÀ DI FP

Fontana Pietro SpA – FP (azienda del Fontana Group) è leader nelle attività di engineering e nella produzione di stampi per la deformazione a freddo della lamiera per il settore automotive. A seguito di un processo di integrazione verticale, oggi l'azienda si occupa della realizzazione e dell'assemblaggio di elementi di carrozzeria per auto di nicchia.

L'azienda è strutturata in Divisioni fortemente integrate tra loro e focalizzate allo sviluppo competitivo dell'azienda stessa e di tutto il Gruppo: FP Engineering, FP Dies Manufacturing, FP Pressing, FP Assembling.

Le ultime tre Divisioni sono preposte alla produzione e al rilascio degli stampi.

FP Dies Manufacturing – la produzione è definita da un progetto: il prodotto offerto viene commissionato dal cliente e fornito in un unico esemplare. Tutta l'attività, a partire dalla progettazione (*Core Competence* dell'azienda) viene quindi lanciata al ricevimento dell'ordine.

FP Pressing – solo per i veicoli di nicchia, gli stampi sono utilizzati per stampare direttamente gli elementi richiesti dalla casa automobilistica.

FP Assembling – gli elementi di carrozzeria stampati sono assemblati direttamente in Fontana e inviati al cliente per diventare parte integrante dell'automobile.

Per quanto concerne invece la Divisione FP Engineering, essa ha come sua missione generale la progettazione virtuale del prodotto, attraverso strumenti di *Simultaneous Engineering*. La forte integrazione tecnologica con i clienti dell'ambito automotive (oggi indispensabile per uno sviluppo competitivo) permette una costante e veloce interazione, efficace sia per la riduzione del time-to-market, sia per poter ammortizzare i cambiamenti necessari in un mercato complesso e globale. Tale interazione permette di formalizzare un processo di progettazione completamente coordinato: è un punto cruciale per l'automazione e tutte le competenze che concorrono all'efficiente ed efficace armonizzazione di questo processo di progettazione rappresentano una larga parte del *Core Knowledge* aziendale. È in questa divisione che è stato sviluppato il sistema di *Core Knowledge Management* (KM) IDS *Intelligent Design System*, commissionato al Laboratorio di Intelligenza Artificiale (area di Ingegneria della Conoscenza) del Dipartimento di Informatica, Sistemistica e Comunicazione (Università di Milano-Bicocca). Lo sviluppo del sistema di KM permette inoltre di supportare, sul piano delle strategie dell'azienda, un servizio aggiuntivo per il cliente rispetto alla semplice fornitura, e in questo modo FP partecipa attivamente con il suo servizio all'ottimizzazione dell'elemento da produrre, sia in termini qualitativi, sia rispetto alla pressione temporale del mercato.

I prodotti finali offerti da FP sono: stampi singoli; serie di stampi complete per la realizzazione dei componenti; gruppi di costruzione completamente montati per prototipo e presserei; stampi per particolari interni (ossature) ed

esterni (pannelleria) di carrozzeria. È importante mettere in risalto che FP elenca tra i suoi prodotti anche le attività di progettazione, per le quali è all'avanguardia nel settore: gestione completa delle fasi di sviluppo superfici, metodi, simulazioni numeriche, prototipi e stampi serie di un intero progetto. L'attività di progettazione è quindi una delle fasi più cruciali di tutto il processo di produzione di FP.

### 3. FP ENGINEERING: UNA COMUNITÀ DI PRATICA

Un patrimonio fondamentale ma volatile, di natura essenzialmente esperienziale e di norma custodito da *Comunità di Pratica* [4] trasversali agli organigrammi d'azienda, ovvero gruppi di *Knowledge Workers* dedicati alla progettazione di prodotti innovativi e chiamati *Comunità di Core Knowledge Practitioners* [5].

Ormai da tempo al centro degli interessi e degli studi nell'ambito del *Knowledge Management* e dell'*Ingegneria della Conoscenza*, queste architetture sociali affidano tipicamente la propria identità culturale alla condivisione di un linguaggio (o "dialetto") parlato dai membri che ne fanno parte, un gergo formatosi attorno al sapere (*Core Knowledge*) di cui questi gruppi sono detentori.

Questa amalgama linguistica costituisce il presupposto attraverso il quale poter parlare di problemi, confrontare possibili soluzioni e selettivamente negoziare per la più vantaggiosa. Una *Comunità di Core Knowledge Practitioners* è stretta dentro la condivisione di un paradigma linguistico ed è contemporaneamente formata da individui, i quali trovano nel linguaggio lo spazio per la proposta di soluzioni frutto della singola esperienza maturata da ciascuno nello specifico ambito di competenza. Il passo dal collettivo all'individuale corrisponde al passaggio dalla dimensione sociale in cui avviene lo scambio di conoscenze, a quella privata ed individuale in cui l'elemento creativo proprio del singolo membro della Comunità agisce come innesco del processo di problem solving.

Questa duplice natura delle Comunità in cui individuale e collettivo giocano ruoli distinti ma complementari al buon andamento dei processi di costruzione e conservazione della conoscenza, si traduce in due distinti orientamenti che un intervento di *Core Knowledge Management* può

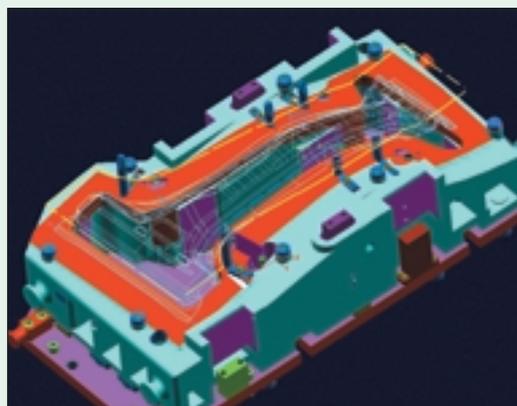
assumere: uno mirante a supportare la condivisione di conoscenze all'interno di una stessa Comunità o tra distinte Comunità di Pratica (Cooperative working); un altro orientato a supportare le *Core Activities* interne ad una specifica Comunità di Pratica e messe in opera dai singoli *Core members* della Comunità stessa.

Il Sistema IDS (*Intelligent Design System*) dedicato al *Core Knowledge Management* nella divisione FP Engineering è nato dall'esigenza di FP di integrare una versione molto nota del CAD (Catia v5), con sistemi tipici della rappresentazione della conoscenza che attraverso la gestione della *Core Knowledge* posseduta dagli esperti progettisti permettesse di ridurre i tempi di progettazione e di tesaurizzare le conoscenze indispensabili a questo scopo [6].

Le problematiche relative alla realizzazione di un tale sistema sono duplici: da un lato, problematiche di natura computazionale legate sia alle scelte architettoniche in merito ai *problem solving methods* più opportuni (sistemi a regole, ontologie ecc.) sia alle appropriate tecnologie di integrazione, dall'altro, problematiche di natura rappresentazionale legate all'esigenza di dover modellare le specifiche strategie adottate dagli esperti di settore per risolvere problemi di progettazione e configurazione di oggetti meccanici complessi come gli stampi.

#### 4. LA PROGETTAZIONE DELLO STAMPO

Uno stampo è un oggetto complesso (Figura 1), formato da centinaia di parti ognuna delle quali deve essere singolarmente progettata dal designer. La percezione dello spazio all'interno del quale avviene l'attività di design influisce enormemente sulla prassi progettistica inducendo



**FIGURA 1**  
Esempio di uno stampo

continui cambiamenti di prospettiva e piccole ma significative rivoluzioni di significato sull'insieme dei passi decisionali di cui si compone questa attività. Alla luce di questi cambiamenti di prospettiva il designer è in grado di ricollocare istantaneamente il senso di un oggetto ed il significato delle operazioni che su di esso possono essere compiute, all'interno di contesti funzionali spesso impliciti e nascosti dentro gli automatismi delle operazioni di progettazione [7]. Detto altrimenti, il riconoscimento della funzione svolta dalla struttura di una certa parte dello stampo, unita alla capacità di riconoscere l'insieme di vincoli di progettazione afferenti sia a richieste specifiche della casa automobilistica committente, sia a questioni statiche sulla geometria dello stampo, è fortemente condizionante rispetto alla scelta delle effettive procedure di progettazione.

Senza conoscere la struttura profonda della rete di funzioni che implicitamente il progettista proietta sullo stampo, risulta impossibile catturare la struttura dei processi attuati dai designer e dar ragione così dei pattern di azioni che caratterizzano la pianificazione dei processi di progettazione.

D'altra parte non solo lo stampo è un oggetto complesso, ma complessa è anche la dinamica dei processi che ne guidano il design. I passi decisionali sono infatti caratterizzati da una sequenza di attività avente ad oggetto gli elementi in cui lo stampo viene concettualmente distinto: una sequenza volta a stabilire un insieme di macro-attività che indicano la strategia di fondo seguita nel corso di ogni progetto [8].

L'euristica che queste macro attività esprimono non prescrive d'altra parte in modo univoco dei percorsi di design che di necessità debbano essere seguiti per portare a buon fine la progettazione dello stampo: questa euristica indica semplicemente un cammino di massima volto a minimizzare *side effects* e dunque esprime una sequenza di azioni da compiersi secondo una precisa sequenza solo su alcuni gruppi di parti di cui lo stampo si compone e non su tutte le sue parti.

Ogni progettista concettualizza lo stampo nel suo insieme come un insieme di parti ognuna delle quali svolge una specifica funzione, dispone cioè di una teoria di riferimento frutto tanto di esperienza maturata sul campo quanto di competenze più formali di natura ingegneri-

stica (aspetti geometrici e statici), che nel loro insieme permettono al designer di decidere ad ogni passo della progettazione per la miglior configurazione dell'oggetto.

Non esiste un set di regole ultimativo che il progettista debba di necessità seguire in questa operazione: ogni designer possiede il proprio stile, la propria via nell'applicazione del corpo di teorie che stanno a monte della attività di configurazione e che sono normative solo riguardo a quello che non si può fare, non riguardo a quello che può essere fatto. Di fronte ad una stessa richiesta due diversi progettisti potranno realizzare, e di fatto realizzano, due stampi morfologicamente diversi ma ugualmente efficaci sul piano funzionale nel realizzare la forma desiderata della lamiera che dovrà uscire dallo stampaggio.

Un'attività di progettazione di questo tipo, può essere concepita come un'attività di problem solving in cui ad ogni passo della progettazione il designer è chiamato a generare delle ipotesi creative per la soluzione di problemi di configurazione strettamente dipendenti da una valutazione complessiva dell'oggetto da realizzare. Supportare queste attività *goal oriented*, significa gestire la fase routinaria del lavoro, ovvero rappresentare le fasi del processo indispensabili per la definizione delle euristiche di progettazione, in modo da fornire all'utente una traccia delle relazioni concettuali che non possono non essere considerate tra le parti dello stampo nel momento in cui se ne sta progettando la struttura. Questo equivale a definire i *confini* all'interno dei quali il progettista dovrà innescare il proprio stile. La definizione di queste confini cattura in questo modo il senso con il quale in quest'ambito si parla di *Core Knowledge Management System* a supporto della creatività.

## 5. DAL GERGO ALLE FUNZIONI: RAPPRESENTAZIONI ONTOLOGICHE

L'impatto con il gergo parlato dalla comunità dei progettisti di FP è stato complesso. Di fatto l'istituzione di un gergo dovrebbe realizzare all'interno della comunità che in esso si riconosce un'enciclopedia di termini "privati" per il riferimento agli oggetti di interesse della comunità stessa: parlare di un oggetto infatti nei termini del linguaggio ufficiale oppure nei termini

del linguaggio gergale, implica profondi e assai significativi cambiamenti in merito al significato che implicitamente viene assegnato all'oggetto in questione [9].

Nel caso in analisi la situazione anomala era dovuta al fatto che non vi fosse unanime giudizio in merito al significato posseduto da alcuni termini caratteristici del linguaggio privato parlato dai membri della comunità. Per questioni di riservatezza non è possibile in questa sede riferire esempi effettivi, ma basti segnalare come uno stesso nome ampiamente utilizzato dai progettisti, non avesse in realtà un chiaro ed univoco riferimento oggettivo. Ci sono voluti un numero piuttosto elevato di incontri per riuscire a dipanare la questione e riportarla alle sue ragioni effettive.

Un'analisi più profonda di questi termini gergali ha infatti mostrato come ogni termine avesse stretti legami con gli aspetti *funzionali* posseduti non tanto dagli oggetti, bensì dalla loro struttura: una pulizia dall'ambiguità semantica cui tali termini sembravano consegnati, ha richiesto dunque la modellazione dell'insieme di funzioni associate alla struttura degli oggetti. Uno stesso nome impiegato da diversi progettisti per il riferimento a diverse elementi dello stampo, ha trovato così una spiegazione nella diversa capacità posseduta dai singoli progettisti nel riconoscere in un oggetto un ruolo funzionale goduto dalla sua struttura.

Questa competenza fortemente dipendente dall'esperienza del singolo progettista nell'ambito della progettazione si è rivelata di fatto una *Core Competence*: l'analisi dunque di un aspetto sociale come la condivisione di un gergo ha permesso di riconoscere l'importanza nel contesto della progettazione degli stampi di forme di ragionamento che coinvolgono massicciamente il ruolo funzionale che il progettista esperto è in grado di proiettare sugli oggetti che devono essere disegnati. Le fasi successive della campagna di acquisizione e rappresentazione delle conoscenze sono quindi state condotte con progettisti dotati di una notevole competenza linguistica: questo ha di realizzare una mappatura dello stampo in riferimento ai ruoli funzionali posseduti dalla struttura degli elementi che ne sono parti costitutive. Risultato di questa mappatura è stata la modellazione dello stampo nei termini di un'ontologia funzionale [10, 11].

## 6. DALL'ONTOLOGIA AI PROCESSI: L'ATTIVITÀ DI PROGETTAZIONE

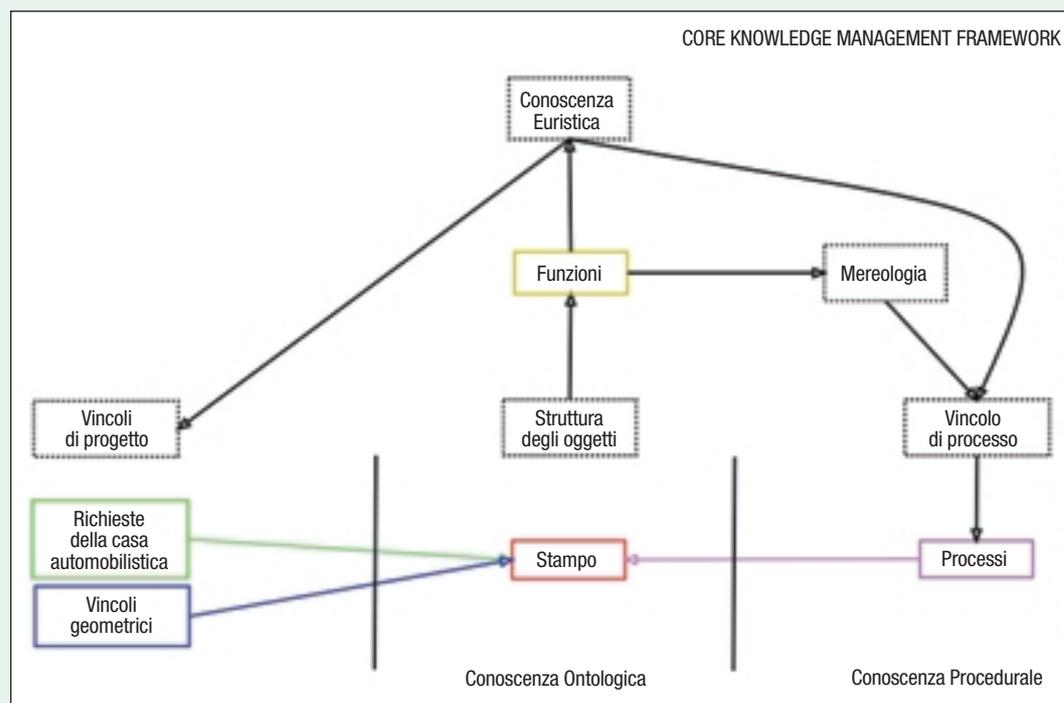
Risolve la questione di accedere al dialetto specifico dei designer e dunque individuata una via di accesso ai codici semantici fondamentali adottati dai progettisti per discutere collegialmente di problemi di configurazione delle parti dello stampo, il focus della acquisizione si è spostato verso la definizione dei passi di progettazione di cui si compone il processo di design [5]. Ogni fase di questo processo coinvolge una parte o un gruppo di parti interne allo stampo: per rappresentare questa proliferazione di aggregati si è dovuto ridisegnare il modello relativo all'ontologia funzionale associandogli informazioni di natura mereologica, miranti ad integrare aspetti dichiarativi con aspetti procedurali (Figura 2).

Dal punto di vista della progettazione infatti non è sufficiente conoscere il valore funzionale, per esempio, di una vite, ma è anche necessario saper riconoscere il ruolo diverso svolto da una vite a seconda della sua diversa occorrenza in distinti contesti funzionali. Le decisioni che il progettista prende riguardo ad esempio ad un gruppo di viti per il fissaggio di qualche componente, è vincolata, oltre che da eventuali richieste della casa automobilistica committente, anche dalla gamma di ruoli che questo gruppo funzionale riveste nel contesto complessivo dello stampo e dagli eventuali conflitti con altri elementi dello stampo.

## 7. STRUMENTI E RISULTATI

Lo sviluppo del sistema ha richiesto l'uso e l'integrazione di modelli computazionali e tecnologie innovative dell'Intelligenza Artificiale e del *Computer Aided Design* (CAD), opportunamente integrate per favorire un approccio di *Core Knowledge Management*. Lo strumento di progettazione CAD CATIA V5 è stato integrato con un insieme di strumenti (rule-based, ontology-based e reti SA\*) per la gestione delle numerose componenti dello stampo che vengono via via introdotte nel progetto. Nuove funzionalità di disegno e analisi dei progetti (*Intelligent Design System*) si basano su tecniche originali per la rappresentazione della conoscenza (sia procedurale che dichiarativa). Nella fase di industrializzazione del sistema sono state organizzate intense attività di *Knowledge Engineering* per l'acquisizione e la rappresentazione della conoscenza, la raccolta di specifiche funzionali e la formazione di progettisti con diversi ruoli e competenze tecniche specialistiche. L'incremento e miglioramento dei rapporti "trasversali" ha favorito il consolidarsi di comunità di pratica che all'interno dell'azienda condividono problemi e approcci. Oggi il sistema sviluppato si trova in fase di effettiva produzione all'interno dell'azienda. Tutta la Divisione FP Engineering utilizza IDS. La fase attuale riguarda il miglioramento delle

**FIGURA 2**  
La figura mostra l'insieme di vincoli che il designer prende in considerazione nel corso della progettazione e le tipologie di conoscenze (ontologica e procedurale)



funzionalità in modo da raggiungere gli obiettivi di condivisione e patrimonializzazione della conoscenza dei progettisti e la riduzione dei tempi di progettazione. I dati che confermano il miglioramento del processo di engineering sono rilevabili dagli indicatori di performance e produttività definiti all'interno della Divisione. Il prodotto permette a FP di mantenere un'elevata competitività sui mercati mondiali attraverso una riduzione dei costi e dei tempi di progettazione, e quindi produzione.

Gli utenti coinvolti nell'utilizzo delle applicazioni sviluppate sono tutti gli operatori e gestori dell'area di *engineering* e indirettamente tramite visualizzazioni, intranet e portali di diffusione dati, tutti gli enti a valle delle varie sedi del Fontana Group, nonché indirettamente anche l'indotto Fontana. Principale ostacolo all'attuazione del progetto sono state le naturali resistenze del personale di fronte ad un graduale cambio di mentalità necessario per il passaggio da un'azienda metalmeccanica classica ad un'azienda indirizzata alla conoscenza.

L'evoluzione del progetto è continua in quanto le tecnologie sviluppate sono ormai a regime di produzione. Tutti gli attori del processo aziendale sono coinvolti nell'utilizzo e nell'ottimizzazione del sistema. Parallelamente, FP Engineering sta procedendo all'integrazione nel sistema di strumenti software decisionali per far sì che competenze e conoscenze già formalizzate possano essere sfruttate anche a fini gestionali (project management) e di misura delle performance aziendali. Ulteriori possibili sviluppi futuri riguardano l'integrazione con applicazioni dedicate alla pianificazione della produzione, al rispetto delle dinamiche di produzione, al coordinamento delle varie sedi di Fontana Group, al rispetto dei tempi di consegna e alla riduzione dei rischi di outsourcing.

## Bibliografia

- [1] Takeuchi I., Nonaka H.: *The Knowledge creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford University Press, 1995.
- [2] Prahalad C.K., Hamel G.: *The Core Competence of the Corporation*. In: *Strategic Learning in Knowledge Economy: Individual, Collective and Organizational Learning Process*, (R.L. Cross, S.B. Israelit eds.). Butterworth Heinemann, Boston, 2000.
- [3] Bandini S., Manzoni S.: *Modeling Core Knowledge and Practices in a Computational Approach to Innovation Process*. In *Model Based Reasoning: Science, Technology, Values*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2002.
- [4] Wenger E.: *Community of Practice: Learning, meaning and identity*. Cambridge University Press, Cambridge, MA 1998.
- [5] Bandini S., Colombo G., Sartori F.: *Towards the Integration of Ontologies and SA-Nets to Manage Design and Engineering Core Knowledge*. Proceedings of the International Workshop on Ontology, Conceptualizations and Epistemology for Software and Systems Engineering, Alcalá (SP), 2005.
- [6] Bandini S., Sartori F.: *Industrial mechanical design: The IDS case study*. In: J. Gero (Ed.), *Proceedings of Second International Conference on Design Computing and Cognition*, Springer-Verlag, 2006.
- [7] Brown D.C.: *Intelligent Computer-aided design*. Encyclopedia of Computer Science and Technology, 1998.
- [8] Gero J.: *Computational Models of Creative Designing Based on Situated Cognition*. Proceedings of the Fourth Conference on Creativity and Cognition, ACM Press, New York, NY, USA, 2002.
- [9] Guarino N.: *Some Ontological Principles for Designing upper level Lexical Resources*. Proceedings of the First International Conference on Lexical Resources and Evaluation, Granada, Spain, 1998.
- [10] Colombo G., Mosca A., Sartori F.: *Towards the Design of Intelligent CAD Systems: an Ontological Approach*. *Advanced Engineering Informatics* 21, 2007.
- [11] Chandrasekaran B., Goel A.K., Iwasaki Y.: *Functional Representation as Design Rationale*. *IEEE Computer*, Vol. 26, n. 1, 1993.

**FIGURE:** tutte le figure presenti in questo articolo sono state prodotte durante lo svolgimento del progetto direttamente dal team di lavoro e sono già state presentate in pubblicazioni e in occasione di presentazioni pubbliche.

STEFANIA BANDINI, Professore Ordinario di Informatica presso il Dipartimento di Informatica, Sistemistica e Comunicazione dell'Università di Milano-Bicocca, dove dirige il Dottorato di Ricerca in Informatica. Direttore del Centro di Ricerca "Complex Systems & Artificial Intelligence" dello stesso Ateneo. La sua attività di ricerca riguarda due settori principali: Intelligenza Artificiale (Casa-Based Reasoning, Knowledge Management) e Sistemi Dinamici Discreti (modelli e sistemi basati su Automi Cellulari e Situated Agents). In questi settori partecipa in ruoli di responsabilità a numerosi progetti con enti pubblici e privati.



# ICT E DIRITTO

## Rubrica a cura di

Antonio Piva, David D'Agostini

Scopo di questa rubrica è di illustrare al lettore, in brevi articoli, le tematiche giuridiche più significative del settore ICT: dalla tutela del *domain name* al *copyright* nella rete, dalle licenze software alla *privacy* nell'era digitale. Ogni numero tratterà un argomento, inquadrandolo nel contesto normativo e focalizzandone gli aspetti di informatica giuridica.

## La concorrenza sleale on-line

David D'Agostini, Antonio Piva, Leonardo Felician

### 1. INTRODUZIONE

Le tecnologie dell'informazione e della comunicazione hanno profondamente modificato non solo la maniera di relazionarsi tra persone e il rapporto tra cittadini e pubbliche amministrazioni, ma anche il modo di esercitare un'attività d'impresa, di organizzare la filiera di produzione e distribuzione, di gestire il rapporto con i clienti, ossia - in una parola - di fare business.

Accanto ad attività commerciali e industriali preesistenti (definite *old-economy*) si sono affiancate, sempre più numerose, nuove aree d'impresa per lo più operanti nel settore delle nuove tecnologie (*new-economy*), con rinnovate opportunità sia per le prime che per le seconde. A partire dagli anni novanta l'imprenditore ha utilizzato la telematica per informare i potenziali clienti e pubblicizzare i propri beni e servizi; successivamente si è sviluppato il fenomeno del commercio elettronico sia indiretto (conclusione del contratto on line, ma esecuzione nel mondo "reale": si pensi alla consegna di un libro acquistato su internet), sia diretto (anche l'esecuzione del contratto avviene on line, come nel caso del download di un file musicale).

L'*e-commerce* ha assunto varie forme in quanto oltre alla vendita di beni e servizi ai consumatori finali (il cosiddetto "business to consumer o B2C"), si è fortemente consolidato il commercio tra imprenditori (business to business o B2B) e quello che vede come destinatario la pubblica amministrazione (business to

administration o B2A rientrante nell'alveo dell'*e-procurement*).

Tali fenomeni hanno evidentemente offerto grandi opportunità per l'occupazione, in particolare nelle piccole e medie imprese, incentivando gli investimenti nell'innovazione e rafforzando la competitività delle industrie.

In considerazione della rilevanza economica e sociale assunta dall'*e-commerce*, accantonata definitivamente l'erronea idea della rete internet come mondo virtuale non sottoposto alle leggi dell'ordinamento giuridico, è necessario garantire che le imprese operanti su tale rete competano rispettando le regole della concorrenza e la tutela dei consumatori<sup>1</sup>.

### 2. LA CONCORRENZA

La concorrenza risulta essenziale per il corretto funzionamento del mercato e, non a caso, viene disciplinata dalle regole stabilite nel Trattato sull'Unione Europea (artt. 81 e segg.), nonché salvaguardata dalla Costituzione italiana che all'art. 41 afferma la libertà dell'iniziativa economica privata, purché non sia in contrasto con l'utilità sociale.

Per garantire tali valori, il nostro ordinamento ha varato la legge 287/90 (intitolata "*norme*

<sup>1</sup> Su tali premesse il Parlamento europeo l'8 giugno 2000 ha emanato la Direttiva 2000/31/CE "Relativa a taluni aspetti giuridici dei servizi della società dell'informazione, in particolare il commercio elettronico, nel mercato interno", denominata appunto "Direttiva sul commercio elettronico".

per la tutela della concorrenza e del mercato”) la quale ha istituito l’autorità garante per la concorrenza e il mercato (AGCM) che ha funzione di tutela dei cittadini di fronte alle violazioni commesse a loro danno (per esempio, in materia di pubblicità ingannevole).

A protezione esclusiva degli imprenditori nei confronti dei loro concorrenti è stata prevista la norma contenuta nell’art. 2598 c.c. “*atti di concorrenza sleale*” che stabilisce i comportamenti vietati nella competizione commerciale.

Ovviamente, affinché tale divieto sia sanzionabile, è necessario verificare in concreto che tra le imprese interessate sussista un rapporto di concorrenza, vale a dire che vi sia comunanza di clientela, effettiva o potenziale, in quanto i prodotti o i servizi offerti siano idonei a soddisfare lo stesso bisogno o bisogni simili oppure complementari nel medesimo ambito di mercato.

Si consideri che per mercato di sbocco, in una realtà globale, non si deve intendere solo quello in cui l’impresa ha lo stabilimento di produzione e la sede legale e dove svolge in prevalenza la sua attività organizzativa, bensì l’intera zona territoriale raggiunta dall’attività complessiva dell’impresa che, in caso di commercio elettronico diretto è potenzialmente mondiale (per esempio la musica e il cinema in formato digitale<sup>2</sup>).

L’informatica e la telematica hanno inciso in maniera significativa sui rapporti di concorrenza in quanto modificando la filiera dei soggetti che prima avevano posizioni distinte (si pensi a produttore, distributore, grossista, dettagliante) ora potrebbero rivolgersi al medesimo mercato e, quindi, trovarsi in competizione. Significativo è l’esempio di uno scrittore che potendo commercializzare autonomamente il proprio e-book faccia concorrenza alla casa editrice o alle librerie che stampano e vendono la versione cartacea dello stesso volume.

Si può, in definitiva, affermare che l’evoluzione tecnologica abbia dato luogo a variegate ipotesi di concorrenza: tra imprese che utiliz-

zano tutti gli strumenti telematici (cfr. l’esempio della musica digitale), con imprese che non esercitano attività on line (cfr. il caso dell’editoria); e pure che su internet siano riscontrabili da un lato vecchie forme di concorrenza sleale, già poste in essere in precedenza nel mondo “reale”, dall’altro siano apparse nuove manifestazioni illecite, nate con le nuove tecnologie.

Esaminiamo le più diffuse, seguendo il dettato normativo.

### 3. DOMAIN GRABBING

L’art. 2598 c.c. vieta l’uso di nomi o segni distintivi idonei a produrre confusione con i nomi o con i segni distintivi legittimamente usati da altri imprenditori.

Si tratta dei cosiddetti “atti di confusione” tra i quali si ritiene possa rientrare anche il fenomeno del domain grabbing che si verifica qualora un imprenditore registri nomi a dominio corrispondenti a marchi o alla denominazione di concorrenti per sviarne la clientela sul proprio sito o sui propri prodotti; oppure registri nomi corrispondenti a marchi celebri per sviare sul proprio sito utenti attratti da un marchio rinomato<sup>3</sup>.

Come noto, lo stesso nome a dominio non può essere assegnato a più persone, pertanto nel caso di domain *grabbing*, il legittimo titolare del marchio subisce un doppio pregiudizio: in primo luogo egli non può registrare come nome a dominio il proprio marchio o il proprio nome già registrato dal concorrente; in secondo, gli utenti che digitano nella barra dell’indirizzo del browser il suo marchio o nome si troveranno a visitare il sito di un altro imprenditore che ne riceverà tutti i benefici (in termini di accesso, visibilità ed eventualmente acquisiti).

Finora la maggior parte dei contrasti in merito all’assegnazione di nomi a dominio è stata affrontata facendo ricorso alle procedure di riassegnazione (cosiddette MAP) previste dalle *Naming Authorities*<sup>4</sup>.

<sup>2</sup> Il tema del diritto d’autore on line è stato trattato in questa rubrica nei numeri di settembre 2004 e marzo 2007.

<sup>3</sup> La tutela del *domain name* è stata affrontata nel numero di Mondo Digitale di dicembre 2003.

<sup>4</sup> I nomi a dominio sotto il Top Level Domain “.it” vengono assegnati dal Registro del ccTLD.it che dipende dal Centro Nazionale delle Ricerche. Si veda il sito [www.nic.it](http://www.nic.it) in cui sono reperibili le regole tecniche e le procedure di riassegnazione.

In via alternativa si è fatto ricorso all'autorità giudiziaria facendo leva sulla normativa a tutela dei marchi: nel 2005 il nuovo Codice della proprietà industriale<sup>5</sup> per la prima volta ha introdotto il concetto giuridico di nome di dominio aziendale, riconoscendogli piena tutela al pari degli altri segni distintivi.

Ciò ha conferito all'imprenditore usurpato maggiore forza nell'azione di contraffazione contro chiunque (anche un privato) ponga in essere comportamenti di *domain grabbing*; nel caso in cui il registratario sia un imprenditore concorrente, a prescindere dalla tutela dei segni distintivi, si potrà comunque chiedere che il giudice vieti l'atto di concorrenza sleale e ordini la riassegnazione del *domain name*.

A tal proposito il Tribunale di Roma con provvedimento adottato il 23 agosto 2000 ha stabilito in maniera inequivoca che "l'utilizzazione di un sito internet con una denominazione uguale a quella di un imprenditore concorrente è un atto di concorrenza sleale per confusione".

Interessante è pure la pronuncia del Tribunale di Genova del 13 ottobre 1999 in quanto si stabilì che "costituisce attività di concorrenza sleale, alla stregua dell'art. 2598 n.1 c.c. l'utilizzo e la registrazione a opera di una società quale domain name di un marchio la cui titolarità è attribuita ad altre: il mercato in cui le due società possono essere considerate concorrenti è quello della pubblicità via internet"; ciò conferma che la valutazione del rapporto di concorrenza tra imprese on line è significativamente mutato!

#### 4. LINKING E FRAMING

Il già citato art. 2598 c.c. vieta pure l'imitazione servile dei prodotti di un concorrente e il compimento di atti idonei a creare confusione con prodotti e attività altrui. In questa categoria possono essere ricompresi anche i casi di *linking e framing*.

Come risaputo, l'aspetto peculiare del linguaggio HTML, su cui si basa il web, è l'ipertestualità, ovvero la possibilità di navigare in rete passando da una pagina all'altra dello stesso sito o

di altri siti semplicemente cliccando sui collegamenti attivi.

Se ciò risulta fisiologico rispetto al funzionamento del web, l'aspetto patologico si evidenzia nel momento in cui il contenuto di un primo sito viene presentato in un secondo sito ingenerando nell'utente la convinzione che tale contenuto appartenga a quest'ultimo.

In assenza di una disposizione di legge *ad hoc* ci si è interrogati sulla liceità di pratiche quali il *deep linking* (vale a dire del collegamento con pagine interne, non con la home page, di altri siti) e il *framing* (la pagina web viene caricata all'interno di un frame, cioè di un riquadro, del sito di partenza).

Tali comportamenti pongono un primo problema in ordine al rispetto del diritto d'autore: nel caso di *framing* nella barra dell'indirizzo continua ad apparire il nome di dominio del sito di partenza e, quindi, quest'ultimo sembrerebbe il titolare effettivo del contenuto.

Se commesso da un imprenditore, risulterebbe contestabile la concorrenza sleale e in questi termini si è espresso il Tribunale di Genova nell'ordinanza del 18 gennaio 2001 in cui ha così pronunciato: "la pratica confusoria nota come *framing consistente* nell'utilizzo improprio dei richiami ipertestuali - cd. "link" - contenuti nelle "pagine" del "world wide web" di Internet - per visualizzare all'interno della cornice (frame) di un sito web dei contenuti di un altro con l'unico fine di appropriarsi dei pregi altrui e di sviare la clientela integra l'ipotesi di illecito concorrenziale ex art. 2598 c.c.".

In buona sostanza risulta vietata l'appropriazione, senza autorizzazione del titolare, del codice (software) e delle immagini del sito web di società in rapporto di concorrenza.

Tenuto conto della confusione generata nell'utente (anche non inesperto, ma semplicemente disattento) circa l'individuazione della corretta provenienza delle informazioni e delle proposte commerciali offerte, il Tribunale ha inibito la visualizzazione non autorizzata della "home page" del sito dell'acquario di Genova all'interno della cornice di altro sito di società concorrente<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> Decreto legislativo 10 febbraio 2005, n. 30 "Codice della proprietà industriale, a norma dell'articolo 15 della L. 12 dicembre 2002, n. 273", Pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* 4 marzo 2005, n. 52, S.O.

<sup>6</sup> Tale provvedimento dispone l'eliminazione di "link" e di ogni altro riferimento contenuto o nascosto (e quindi utilizzabile dai motori di ricerca) nel codice delle pagine del sito che ha posto in essere l'illecito concorrenziale.

Si tratta di uno dei primi casi in cui la contraffazione abusiva è stata attuata fuori dai canoni tradizionali in quanto non ha avuto per oggetto un prodotto o un bene fisico, bensì un sito internet<sup>7</sup>.

Nel caso citato, secondo il giudice, da una parte è stato offeso l'affidamento dei consumatori, dall'altra il gioco concorrenziale ne è risultato deformato, con conseguente pronuncia di condanna.

## 5. META TAG

A norma del codice civile, commette atti di concorrenza sleale chiunque si vale direttamente o indirettamente di ogni mezzo non conforme ai principi della correttezza professionale e idoneo a danneggiare l'altrui azienda.

Tale regola, volutamente ampia, permette di punire i comportamenti scorretti a prescindere dal mezzo con cui sono commessi o dalla tecnica utilizzata nel caso concreto e ha trovato applicazione nel celebre caso "Genertel".

Il contenzioso fu originato dalla ricerca della parola chiave "Genertel" su un motore di ricerca: tra i primi risultati compariva inaspettatamente anche il sito di una compagnia assicurativa concorrente; ciò era dovuto allo stragemma di aver inserito nei meta-tag, quelle etichette nascoste che servono esclusivamente all'indicizzazione dei motori di ricerca e che non sono visibili sulla pagina web, anche il termine "Genertel".

Tale ultima compagnia propose ricorso d'urgenza presso il Tribunale di Roma, intimando alla concorrente la cancellazione immediata dal sito del meta-tag incriminato, che inoltre era pure un marchio registrato.

Il giudice, con ordinanza del 18 gennaio 2001, affermò che "costituisce atto di concorrenza sleale sanzionabile ai sensi dell'art. 2598 comma 3 c.c. l'uso nelle pagine web di meta tags corrispondenti al nome di impresa concorrente, allo scopo di far comparire tra i risultati della ricerca dell'utente della rete il proprio sito e dunque la propria presenza sul mercato grazie alla notorietà raggiunta nel

settore dall'impresa concorrente". La pronuncia richiamata e quelle che sono seguite negli anni hanno un'importanza fondamentale in quanto rappresentano l'unico modo di contrastare tale pratica illecita: infatti, posto che il meta tag non viene letto dall'utente, ma solo dal computer, non si ravvisa una funzione distintiva o pubblicitaria, pertanto l'uso di marchi registrati all'interno di meta tags non costituisce contraffazione di marchio.

In definitiva l'ipotesi descritta è comunque censurabile sotto il profilo dell'illecito concorrenziale di cui all'art. 2598 c.c.

La concorrenza sleale si qualifica per la sua difformità rispetto ai principi della correttezza professionale e per la sua idoneità a danneggiare l'altrui azienda, a prescindere dalla specifica volontà dei soggetti danneggianti, ivi compreso il provider. Per tale ragione il tribunale di Napoli il 15 maggio 2002 ha ordinato a Infostrada di provvedere all'immediata cancellazione dalla rete di tutte le pagine attivate da un utente di Infostrada nelle quali direttamente o a mezzo di collegamenti palesi od occulti erano stati illegittimamente usati i nomi della Philips SpA e della Grundig Italiana SpA.

## 6. CONCLUSIONI

I casi di concorrenza sleale commessa utilizzando l'informatica e la telematica sono numerosi e non meno dannosi rispetto alle ipotesi tradizionali.

La lotta contro tale fenomeno, insidioso per le imprese e per i consumatori, passa necessariamente attraverso un sapiente uso combinato della tecnologia e del diritto, ponderando strategie e costi.

Basti considerare che, qualora il concorrente sia stabilito all'estero, è necessario preliminarmente valutare se e dove esperire un'azione giudiziale e quale sarà la norma che il giudice (italiano o straniero) dovrà applicare nel caso di specie.

Poiché la rete telematica internet è caratterizzata dall'immaterialità, dalla continua mutevolezza e dalla dimensione atterritoriale, decidere come intervenire per una tutela rapida ed efficace risulta a volte problematico.

Il Tribunale di Milano l'8 febbraio 2002 ha dichiarato che nel caso di comportamento anti-concorrenziale effettuato da una società straniera sulla rete internet, "la diffusibilità estre-

<sup>7</sup> In questo caso, che ha visto per protagonista l'acquario di Genova, è stata riscontrata anche la violazione del copyright per la riproduzione senza consenso di fotografie dell'acquario stesso.

ma della rete stessa consente di ritenere sussistente l'evento dannoso, consistente nello sviamento di clientela, nell'ambito del territorio italiano e, dunque, anche presso la sede della società italiana danneggiata". Ciò ha non poco significato poiché permetterebbe all'impresa di rivolgersi al Tribunale territorialmente più vicino, con minori spese.

Di contrario avviso è stato il Tribunale di Monza secondo il quale risulta impossibile rivolgersi al

giudice italiano qualora la concorrenza sleale sia avvenuta all'estero mediante pubblicazione di articoli di stampa e diffusione a mezzo di server ubicato fuori dall'Italia di informazioni commerciali denigratorie.

Tali problematiche in passato hanno spesso dissuaso molte piccole e medie imprese dall'affrontare i tempi e le incertezze di un processo, preferendo subire il comportamento illecito del rivale.

LEONARDO FELICIAN, laureato in Fisica alla Scuola Normale Superiore di Pisa, insegna *Sistemi Informativi II* nel corso di laurea in Ingegneria Informatica dell'Università di Trieste e *Economia delle Imprese di Assicurazioni II* presso la facoltà di Economia e Commercio dell'Università di Pisa. Direttore generale di imprese assicurative, si è cimentato a lungo e in prima persona in ambito accademico e aziendale su temi inerenti la *privacy*.

E-mail: lfelician@units.it

ANTONIO PIVA, laureato in Scienze dell'Informazione, *Vice Presidente dell'ALSI* (Associazione Nazionale Laureati in Scienze dell'Informazione ed Informatica) e Presidente della commissione di informatica giuridica. Docente a contratto di *diritto dell'ICT e qualità* all'Università di Udine. Consulente sistemi informatici e Governo Elettronico nella PA locale, valutatore di sistemi di qualità ISO9000 ed ispettore AICA.

E-mail: antonio@piva.mobi

DAVID D'AGOSTINI avvocato, master in informatica giuridica e diritto delle nuove tecnologie, collabora all'attività di ricerca scientifica dell'Università degli studi di Udine e ha fondato l'associazione "*Centro Innovazione & Diritto*". È componente della Commissione Informatica dei Consigli dell'Ordine del Triveneto, responsabile dell'area "*Diritto & informatica*" della rivista "*Il foro friulano*", membro dell'organo di Audit Interno di Autovie Venete SpA.

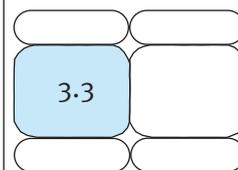
E-mail: studio@avvocatodagostini.it



# I FATTORI CRITICI NEI PROGETTI INFORMATICI

Gestire progetti informatici è certamente un'attività complessa e molto sfidante, ogni progetto ha delle caratteristiche peculiari, non esistono quindi ricette per il successo replicabili in tutte le situazioni. Esistono tuttavia dei fattori che hanno evidenziato un elevato tasso di ripetitività e un notevole impatto sulle performance di progetto. Questi fattori sono detti "Fattori Critici di Successo". In questo articolo si analizzeranno, con diversi gradi di dettaglio, i fattori che più comunemente ostacolano la gestione di progetti informatici.

Marco Sampietro



## 1. LA DIFFICOLTÀ DI RAGGIUNGERE IL SUCCESSO NEI PROGETTI INFORMATICI

Come evidenziato da alcune ricerche [1, 2, 4, 18, 19, 20] i progetti informatici sono spesso iniziative che presentano un tasso di successo contenuto. Con il passare degli anni sono stati notati segnali di miglioramento, ma la percentuale di progetti fortemente in ritardo, con assorbimento eccessivo di risorse economiche o con importanti lacune qualitative, rimane ancora elevata (tabella 1). Interessante notare come le problematiche relative alla gestione dei progetti siano, in un certo senso, "democratiche": colpiscono infatti tutti i tipi di aziende, a prescindere dalla dimensione e dal settore. Nella poco lusinghiera lista contenente i casi più eclatanti di fallimento di progetti informatici si ritrovano infatti aziende considerate eccellenti come Avis Europe, che ha bloccato l'installazione del sistema ERP nel 2004, dopo aver speso 54 milioni di euro, oppure Ford Motor Co., che nel 2004, dopo avere investito 400 milioni di euro in analisi e investimenti per il siste-

ma di acquisti, ha interrotto il progetto, o ancora come Mc Donald's, che nel 2002 ha cancellato un innovativo progetto di acquisizione di informazioni dopo aver speso 170 milioni di euro. Tanti altri sono gli esempi, più o meno illustri, più o meno costosi. L'obiettivo di questo articolo non è elencare i problemi o le sventure altrui ma evidenziare quali fattori normalmente contribuiscono alla problematicità dei progetti informatici.

Per ogni progetto è possibile ricavare una lista abbastanza nutrita di fattori che ne hanno influenzato negativamente le performance. Dal punto di vista della singola azienda, la discussione di questi fattori è un esercizio molto utile, poiché permette di evidenziare le aree di miglioramento mantenendo un diretto collegamento con la situazione specifica. Quando però non si hanno a disposizione dati passati e ritagliati su una specifica situazione, per avere informazioni utili al fine di migliorare le performance di progetto, è necessario utilizzare un approccio alternativo, su cui si basa questo articolo. L'approccio è denominato dei Fattori Critici di Successo,



**TABELLA 1**  
*Statistiche sul successo dei progetti informatici*

Ricerca	Maggiori risultati
Standish Group-Chaos Report (1994 e 2004)	Nel 1994 il tasso di successo dei progetti informatici era il 16%, nel 2004 il 24%. Nel 2004 il 51% dei progetti erano considerati problematici, il 15% era fallito.
Robbins Gioia Survey (2001)	Il 51% degli intervistati considerava il progetto ERP non soddisfacente. Il 46% degli intervistati notava che l'azienda non comprendeva le potenzialità del sistema e quindi non c'erano stati miglioramenti sostanziali.
Conference Board Survey (2001)	Il 40% dei rispondenti dichiarava che dopo un anno dall'implementazione di un sistema ERP non si notava nessun beneficio.
Oxford University (2003)	Il 16% dei progetti informatici veniva considerato di successo, il 74% era problematico e il 10% abbandonato.
Royal Academy of Engineering and the British Computer Society (2004)	Solo il 16% dei progetti informatici si poteva ritenere di successo.

ovvero dello studio di quelle variabili che hanno dimostrato una forte influenza sui risultati di progetti in diverse situazioni, a prescindere quindi dalla specifica tecnologia informatica implementata. I Fattori Critici di Successo nei progetti informatici sono ben studiati in letteratura e le diverse ricerche [1, 2, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 17] arrivano a conclusioni molto simili, evidenziando che, almeno dal punto di vista delle maggiori aree di problematicità e quindi di miglioramento, la situazione è abbastanza chiara e condivisa. Ciò non significa che sia semplice gestire queste aree di problematicità.

**2. I FATTORI CRITICI DI SUCCESSO NEI PROGETTI IT**

La prima indicazione che emerge chiaramente dagli studi riguardanti i Fattori Critici di Successo è che le difficoltà raramente riguardano le tecnologie. Questo può apparire strano, poiché le tecnologie vengono spesso vissute come complesse e fonte di problematicità. Se ad un primo approccio questo può essere corretto, è anche vero che la risoluzione di problematiche tecnologiche è maggiormente deterministica, ovvero, a fronte di un problema tecnologico, il reperimento di informazioni, la preparazione e la competenza dei professionisti sono le variabili deter-

minanti per la loro risoluzione. Inoltre, le interazioni tra le componenti tecnologiche, pur complesse, sono rappresentabili e schematizzabili oggettivamente e quindi risolvibili con metodo scientifico.

La stessa cosa non vale per altre variabili che influenzano l'andamento dei progetti. Le relazioni tra le persone, l'influenza dei cambiamenti tecnologici e le aspettative degli *stakeholders*, sono tutte variabili ad alto impatto che tuttavia non possono mai essere rappresentate con certezza e oggettività; i margini di indeterminazione sono sempre presenti e la gestione del progetto diventa allora gestione dell'incertezza e della dinamicità. Dagli studi emerge come i Fattori Critici di Successo dei progetti informatici possano essere classificati in due famiglie: i fattori legati alla modalità di organizzazione, gestione e controllo del progetto informatico (quindi alle competenze nell'applicazione del project management) e i fattori relazionali, legati alla capacità di comprendere se stessi, gli altri e di gestire nel migliore dei modi le numerose relazioni che si instaurano in un progetto informatico. Nella tabella 2 si propone una lista di Fattori Critici di Successo derivante da differenti ricerche condotte nel settore IT. Per chi gestisce progetti informatici molti fattori non giungeranno certamente nuovi. Obiettivo di questo articolo è fornire indicazioni operati-

### Obiettivi chiari e condivisi (approfondimento nel testo dell'articolo)

**Capacità di influenza e presenza dello sponsor sul progetto.** Uno sponsor deve avere le leve organizzative per poter supportare il progetto quando necessario e deve essere presente nei momenti più importanti come il kick-off meeting e le riunioni dove si assumono decisioni importanti. Il contributo dello sponsor sul progetto è limitato dal punto di vista del tempo impiegato, ma quando interviene deve essere incisivo. Sapere che se in caso di necessità lo sponsor è pronto ad intervenire fornisce una forte spinta motivazionale.

### Generare aspettative realistiche (approfondimento nel testo dell'articolo)

#### Pianificazione realistica (approfondimento nel testo dell'articolo)

**Comprendere e adattarsi al naturale ciclo di vita del progetto.** I progetti hanno delle caratteristiche proprie che non possiamo modificare. Se, per esempio, dobbiamo implementare un Decision Support System, è fisiologico che gli utenti, con il reale utilizzo del sistema, impareranno ad apprezzarlo e scopriranno nuove esigenze che prima nemmeno pensavano di avere. Se si partisse con l'idea che questa situazione fosse fisiologica, si dovrebbero adottare dei cicli di vita di progetto congruenti con questa idea, quindi molte interazioni dovrebbero essere previste e i cicli di pianificazione dovrebbero essere molto brevi. Se invece si adottassero paradigmi non contestuali alla situazione, come l'applicazione di un ciclo di vita a cascata, ci si troverebbe nella situazione di avere una pianificazione molto dettagliata sin da subito ma scarsamente applicabile e si giudicherebbero gli utenti come incompetenti poiché non in grado di comunicare da subito tutte le loro necessità. Adottare e seguire il corretto ciclo di vita di un progetto è un elemento di fondamentale importanza, poiché ci permette di rappresentare e gestire un fenomeno nel modo più consono alla sua stessa natura.

**Prendere in considerazione l'esperienza passata.** Sono sempre più le aziende che stanno implementando azioni per mettere a fattor comune e sistematizzare l'esperienza sui progetti passati. Si sono infatti notate delle forti ricorsività nei fattori che influenzano negativamente i progetti. Metterle a disposizione e farne tesoro è sicuramente una strategia vincente. Purtroppo nel settore IT italiano si è notato che vi è ancora una visione quasi pedagogica dell'errore: ognuno deve formarsi grazie anche agli sbagli commessi. Approccio forse condivisibile dal punto di vista della crescita personale, meno dal punto di vista dell'economicità e del successo di un progetto o di un'azienda.

**Comprendere il contesto di riferimento.** Un progetto si inserisce in un network relazionale anche molto complesso. Importante è comprendere chi sono gli attori chiave che possono influenzare il progetto con le loro azioni, comprendere la loro attitudine nei confronti del progetto e quindi adottare comportamenti congrui alla situazione, non andando a ingenerare, anche involontariamente, situazioni avverse al progetto. Un posto di primo piano nel contesto di riferimento lo meritano gli utenti, che troppo spesso vengono banalizzati nel loro ruolo di utilizzatori finali delle tecnologie informatiche. Gli utenti rappresentano i clienti finali degli sforzi progettuali ed è quindi dall'attenta valutazione delle loro caratteristiche e da un coinvolgimento attivo che si possono ottenere risultati interessanti. Spesso gli utenti vengono poco coinvolti nel tentativo di "limitare" le modifiche. Questa strategia può essere molto pericolosa in quanto il lavorare in isolamento e con una forma mentis molto differente rispetto agli utenti può portare ad un allontanamento drastico rispetto alle loro attese che può portare a fenomeni estremi quali il rifiuto del progetto.

**Riconoscere la complessità.** La sottostima della complessità di un progetto genera non solo errori macroscopici di pianificazione, ma anche l'utilizzo di metodologie e strumenti inadeguati. Un fattore che contribuisce alla complessità è il fattore scala, ovvero la semplice dimensione del progetto. È stato infatti notato che progetti dal contenuto simile ma con dimensioni molto differenti hanno portato a criticità nuove e ad esiti completamente differenti.

**Predisporre i sistemi di pianificazione e controllo.** Pianificare e controllare le attività di progetto significa saper esattamente dove ci si trova e quanto si è distanti dalla meta. La navigazione "a vista", spesso adottata in progetti a prima vista ritenuti semplici, si rivela spesso inadeguata. Un campanello di allarme per un project manager è il non sapere con una certa continuità lo stato di avanzamento delle diverse attività e le criticità che stanno insistendo sul progetto.

**Milestone di progetto più frequenti.** Se il fattore scala nei progetti ha un'altissima influenza sulla complessità e quindi sulla gestione del progetto, un buon metodo è cercare di rappresentare un progetto complesso come la somma di più progetti di dimensioni minori. Facendo ciò, il focus si sposta dalla pianificazione e gestione di un unico grande progetto alla gestione delle interfacce tra differenti progetti di dimensioni più contenute. Non esistono progetti che non possono essere scomposti, ciò non significa però che sia facile adottare questo approccio. Si è dinanzi a un'abilità di project management che non si ritrova facilmente.

**Avere un chiaro confine di progetto.** A fronte di obiettivi, anche chiari, esistono comunque numerose interpretazioni di dove un intervento progettuale debba arrivare, ovvero di quando si possa dichiarare con certezza che il progetto sia finito. Si prenda il seguente esempio accaduto ad una *software house*: l'obiettivo del progetto era la migrazione degli applicativi da un ambiente server ad un altro. Alcuni applicativi erano stati però sviluppati dal cliente e non erano compatibili con il nuovo ambiente. Il fornitore eseguì la migrazione e gli applicativi sviluppati in house non funzionarono correttamente. Per il cliente il fornitore avrebbe dovuto risolvere la situazione senza modificare il budget, per il fornitore il lavoro era invece concluso. Definire chiari confini di progetto significa appunto chiarire sin da subito fin dove l'intervento di deve spingere.

**Utilizzare un vocabolario comune.** La complessità del settore IT ha generato una lista ormai infinita di acronimi tanto che anche lo stesso acronimo nell'IT può avere significati diversi. Usare un vocabolario tecnico peggiora la probabilità che i nostri interlocutori ci comprendano e siano quindi in grado di svolgere correttamente attività a supporto del progetto. Jerry Madden, project e program manager della NASA, fa notare: "presentando le informazioni in modo chiaro e comprensibile a tutti non ha mai offeso l'intelligenza di nessuno".

## TABELLA 2

### I Fattori Critici di Successo dei progetti informatici

ve sulla gestione di alcuni fattori che, anche se spesso citati, raramente vengono analizzati in dettaglio. Essendo l'argomento complesso, non sarà possibile affrontare tutti i fattori con lo stesso livello di analisi in un singolo articolo. La scelta di quali affrontare in modo approfondito deriva dalla constatazione che quei fattori sono spessissimo sottostimati nel loro impatto e alle volte nemmeno valutati come variabili altamente influenti progetti. I fattori indicati in grassetto nella tabella verranno quindi affrontati in maniera approfondita, mentre per altri verrà data una breve descrizione direttamente nella tabella, sottolineando gli aspetti di maggiore attenzione.

In questa parte si analizzeranno quindi in particolare tre fattori critici: avere obiettivi chiari e condivisi, generare aspettative realistiche, produrre una pianificazione realistica. Per questi fattori non solo verranno descritti gli impatti negativi ma verranno anche fornite delle indicazioni operative su come gestirli in modo maggiormente corretto.

### **3. OBIETTIVI CHIARI E CONDIVISI**

Questo fattore è tra i più citati nelle ricerche. Alle volte è realmente difficile poter rilevare obiettivi ben definiti, ma molto spesso, sotto la pressione temporale, ci si accontenta di partire non avendo chiara la situazione e ciò, immancabilmente, genera numerose difficoltà. Non bisogna confondere obiettivi con specifiche funzionali o tecniche, gli obiettivi sono "il dove si vuole andare", le specifiche sono parte dei mezzi che aiutano a giungere alla meta. Gli obiettivi raramente sono di natura tecnica ma sono correlati a risultati di business. Avere delle ottime specifiche funzionali e tecniche è importante, tuttavia se non si inseriscono in un contesto più ampio rischiano di essere lette acriticamente e possono diventare obsolete rapidamente, generando instabilità al progetto.

È inoltre fondamentale che gli obiettivi vengano comunicati chiaramente almeno alle persone maggiormente coinvolte nel progetto. Assicurarsi che gli obiettivi siano compresi da tutti permette di diminuire lo spazio dato all'interpretazione personale.

Una cattiva abitudine si è dimostrata essere il comunicare gli obiettivi inerenti la parte strettamente di competenza di una persona o di un gruppo di collaboratori, senza quindi permettere agli individui di apprezzare il progetto nel suo insieme. Questo comportamento, che spesso parte dalla buona fede, in quanto teso ad abbassare la complessità percepita dai collaboratori, è però un errore per diverse ragioni. La prima deriva da un principio organizzativo che può essere così enunciato: "le persone sono molto più motivate ed efficaci se comprendono il contesto in cui operano". In altre parole, la comprensione di come le proprie azioni si relazionano con quelle di altri colleghi o interlocutori, aiuta le persone ad adottare comportamenti più idonei alla specifica situazione e permette agli individui di sentirsi parte di un'iniziativa complessa, importante e non meri esecutori di piccole attività senza chiari legami con risultati di rilievo. Inoltre, la sottostima della complessità da parte dei collaboratori porta a mal tollerare eventuali ritardi o difficoltà sul progetto. Infatti, se la complessità percepita risulta bassa, le persone coinvolte possono pensare che le difficoltà siano legate all'incompetenza o alla disorganizzazione e quindi saranno meno propensi ad accettare queste situazioni.

Avere obiettivi ben descritti, chiari e condivisi non è ancora sufficiente. Si è infatti notato come anche obiettivi ben descritti e compresi da tutti possano comunque essere fortemente distorti con il passare del tempo. Le aspettative personali, la suddivisione del tempo lavorativo su più progetti e tra progetti e attività funzionali, lo scambio di opinioni e informazioni con altri colleghi, portano a modificare e reinterpretare gli obiettivi del progetto, senza che in realtà queste modifiche siano state richieste realmente dal cliente. Non si parla di devianze che portano a svolgere progetti completamente differenti, ma di compiere attività che non sono richieste, di non svolgerne altre che invece sono più urgenti, di dedicarsi, in modi differenti, alle stesse attività o ad attività anche parzialmente in contrasto tra loro, che determinano quindi attriti e perdite di tempo, elemento preziosissimo nei progetti.

#### 4. ASPETTATIVE REALISTICHE

Nei progetti informatici il tema della gestione delle aspettative è molto rilevante. Purtroppo si sta assistendo ad un fenomeno di banalizzazione della tecnologia, dove la percezione di chi non ha competenze informatiche porta a pensare che tutto possa essere risolto con un semplice tocco del mouse e in pochissimo tempo. A rafforzare questa percezione vi è anche la natura stessa dell'informatica, che è fortemente immateriale: complessi progetti si risolvono magari nella scrittura di un software che fisicamente può essere memorizzato su un CD ROM e questo non aiuta certo i clienti o gli utenti poco avvezzi alla tecnologia a percepire la complessità sottostante.

Il problema della formazione di aspettative non realistiche risiede nel fatto che le persone giudicheranno il progetto basandosi su elementi inizialmente erranei. Se da una parte modificare le aspettative al rialzo è un elemento vissuto positivamente dalle persone, dall'altra l'abbassamento delle aspettative durante il progetto è un'azione molto difficile e dolorosa, poiché può portare alla disaffezione delle persone, a una loro minore volontà di collaborare e alla formazione di giudizi più severi che non rispecchiano l'impegno di chi sta collaborando al progetto.

Posto che la situazione ottimale prevedrebbe che tutti fossero in grado di apprezzare la complessità sottostante i nostri sforzi, e quindi formulare aspettative realistiche, un approccio pragmatico deve invece considerare cosa realmente è possibile fare e non cosa sarebbe bello avere. È infatti non realistico pensare di essere in grado di fornire a tutti quelle competenze necessarie per apprezzare appieno la complessità dei progetti informatici. Bisogna quindi agire su altri versanti, ovvero sulla nostra capacità di indurre la formazione di aspettative coerenti. Sottolineando il fatto che il problema è lungi dall'essere pienamente risolvibile, si propongono quindi dei correttivi parziali.

Importante a questo riguardo è oggettivizzare il più possibile il lavoro svolto e da svolgere. In altre parole è utile fornire delle informazioni, sin dalle prime fasi di progetto, che siano facilmente interpretabili dai nostri interlocutori. Un primo passo è la stesura di un piano di progetto chiaro e comprensibile da

chiunque (si veda a tal proposito il Fattore Critico di Successo "Vocabolario comune"), nel quale sia facilmente apprezzabile l'impegno richiesto in termini di risorse e tempi. Inoltre, utile può essere la traduzione di elementi tecnici in grandezze più vicine alla comprensione di persone che non hanno competenze informatiche. Per esempio, esplicitare che un certo programma, per essere sviluppato, necessita di scrivere una quantità di codice che se messo su carta richiederebbe 1000 pagine, può essere molto più immediato per un utente rispetto a grandezze tecniche come la memoria necessaria per eseguire quel programma o le linee di codice.

Al fine di creare aspettative realistiche, risulta fondamentale la fase iniziale del progetto (la così detta *Conception Phase*), quando le idee e le proposte vengono raccolte e discusse. In questa fase, per ricercare il coinvolgimento degli utenti o comunque delle persone che possono supportare il progetto, spesso si tende a sopravvalutare le caratteristiche del progetto, concorrendo alla formazione di aspettative non realistiche e quindi ponendo involontariamente le basi per una gestione del progetto maggiormente difficoltosa. Importanti a tal proposito sono anche le domande che si pongono durante le classiche interviste, tipicamente rivolte agli utenti. Se per esempio si vogliono migliorare i servizi presenti su un portale aziendale, può essere pericoloso chiedere l'interesse degli utenti nei confronti di alcune funzionalità tecnologiche specifiche, poiché se poi non le vedranno implementate si genererà scontento. Meglio invece focalizzarsi sui fabbisogni espressi, astraendosi quindi dalle modalità implementative.

#### 5. PIANIFICAZIONE REALISTICA

Pianificare vuol dire darsi un metodo per raggiungere gli obiettivi desiderati. La pianificazione serve a chi è coinvolto nel progetto per organizzarsi, per coordinarsi con gli altri, per poter convergere verso la meta desiderata. Per far sì che la pianificazione sia di supporto al nostro operato, è necessario che sia realistica, ovvero che riesca a rappresentare, seppur in modo semplificato, i fenomeni di interesse del progetto e che quindi venga considerata utile per svol-

gere le attività di progetto. In molti progetti IT si è riscontrato come la pianificazione sia completamente avulsa rispetto alla reale esecuzione e gestione del progetto. Quando la pianificazione diventa un semplice "codice formale di buona condotta" del progetto, ovvero come documentazione che bisogna esibire al fine di dimostrare la propria professionalità; in quel momento diventa addirittura un impedimento al successo del progetto, in quanto richiede del tempo per essere sviluppata senza essere di alcun supporto alla gestione di progetto.

Chi si arma di buona volontà e cerca di sviluppare un piano di progetto non solo ai fini di esibizione della corretta reportistica, ma anche per vera guida all'azione, si trova spesso nella situazione di trovare i propri piani di progetto poco utili e fortemente divergenti rispetto alla realtà e quindi tende ad abbandonare o sottostimare la reale portata di una buona pianificazione. Perché fare una pianificazione realistica è così difficile?

Un problema risiede nell'attività stessa di pianificazione, che consiste nella modellazione, e quindi semplificazione, di eventi futuri. Purtroppo quando si appropria la pianificazione si nota come venga naturale sostituire tempistiche, costi e utilizzo di risorse, non con quanto realmente potrebbe accadere nel nostro caso specifico, ma con valori medi, idealizzati, ritenuti normali. Ciò genera da subito un notevole divario tra quanto realisticamente potrà accadere e quanto noi abbiamo previsto accadrà. Spessissimo accade che i rischi vengano completamente sottostimati e quindi si idealizzino delle attività che vengono svolte e completate senza intoppi, senza interruzioni, senza errori. Una buona pianificazione deve invece tenere conto di questi fattori, in modo da essere il più possibile rappresentativa della realtà così come potrà accadere e non come ci piacerebbe che accadesse. Un problema insito nell'essere umano, e che si correla con la capacità di attribuire tempistiche realistiche alle attività, è la difficoltà di rappresentare mentalmente le attività su un orizzonte temporale lungo. Un esempio deriva da un esperimento che ha dimostrato come il modo con cui ci poniamo le domande sul tempo necessario per svolgere delle attività, ha

impatti fortissimi sulla realistica della pianificazione. A fronte infatti della domanda posta ad alcuni project manager su quanti mesi avessero bisogno per svolgere delle attività, la risposta era di circa un mese. La stessa attività tradotta in giorni portava invece a riconsiderare la risposta precedente e ad affermare che probabilmente sarebbero stati necessari due mesi. Questo perché l'essere umano è "progettato" nella sua percezione del tempo secondo il ciclo dormi-veglia. Il giorno è quindi la nostra unità fisiologica di pianificazione, il mese è solo una convenzione. Solo l'abitudine alla pianificazione può cambiare questa nostra modalità di relazionare le attività al tempo.

Quando si pianifica, quindi, bisogna sempre essere consapevoli nei nostri limiti naturali. Questo aspetto è ancora più forte nei progetti caratterizzati da profili con forti competenze tecnologiche, come spesso accade nei progetti IT. Come infatti evidenziato da Jerry Madden, project e program manager della NASA, nel suo studio sui Fattori Critici di Successo, le persone molto tecniche sono tendenzialmente ottimistiche e tendono a sottostimare la presenza e l'impatto delle difficoltà. L'essere ottimisti è senz'altro una caratteristica positiva, ma ciò non deve trasformarsi nell'essere non realistici, poiché si corre il rischio di trovarsi sistematicamente in ritardo nei progetti non solo per cause imputabili all'esterno, ma anche per la nostra stessa sottostima delle reali difficoltà che si possono incontrare e la loro ricaduta in termini di tempo. Per esempio, in Microsoft, nei dipartimenti di sviluppo, molti manager applicano di default un raddoppio delle tempistiche dichiarate dai programmatori, cosa opinabile dal punto di vista del project management puro ma risposta concreta a un problema esistente.

## 6. CONCLUSIONI

Intercettare, presidiare e gestire efficacemente tutti i fattori ostativi al raggiungimento dei risultati di progetto desiderati è forse un obiettivo utopico. I progetti di sistemi informativi sono tipicamente caratterizzati da forte dinamicità e ciò rende difficile individuare e presidiare efficace-

mente tutte le variabili che possono influire sulle performance di progetto. È però possibile identificare e focalizzare i propri sforzi su quei fattori che, tipicamente con numerosità limitata, sono in grado di influire pesantemente sulle sorti del progetto. Da quanto emerso, molti fattori sono correlati a capacità e sensibilità organizzative e di project management, più che a competenze puramente tecnologiche. Ciò non significa che per un project manager dell'IT le competenze tecnologiche cadano in secondo piano, esse rimangono fondamentali in quanto permettono di comprendere più da vicino i problemi tecnologici, altrimenti spesso banalizzati e sottostimati, e permettono di relazionarsi efficacemente con i collaboratori che devono svolgere i compiti più operativi.

Competenze tecnologiche, organizzative e di project management devono essere tutte presenti e bilanciate in modo da poter affrontare in modo maturo ed efficace le difficoltà connesse alla gestione di progetti informatici.

Seppur esistono studi che offrono una graduatoria dell'importanza dei diversi Fattori Critici di Successo, derivanti da rilevazioni quantitative, il consiglio è di non affidarsi acriticamente a queste evidenze ma di personalizzare l'approccio sulla specifica realtà e sullo specifico progetto. Valori veri in media sono di poca utilità, è compito del project manager, del team di progetto e degli utenti collaborare per verificare quali siano i punti di forza e di debolezza del progetto in modo da fare leva sui primi e limitare i secondi al fine di ottenere risultati di successo.

## Bibliografia

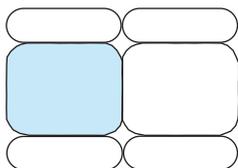
- [1] Chaos Report, Standish Group, 1994
- [2] Chaos Report, Standish Group, 2003
- [3] Charette, R.N. Why Software Fails. IEEE Spectrum, September 2005.
- [4] Conference Board Survey, 2001
- [5] Cusing K.: *Why projects fail*. Computer Weekly, November 2002.
- [6] Dunning D., Heath C., Suls J.M.: *Immagine imperfetta*. Mente & Cervello, n. 23, Settembre-Ottobre 2006.
- [7] Ewusi-Mensah K.: Critical Issues in Abandoned Information System Development Projects. *Communications of the ACM*, Vol. 40, n. 9, 1997.
- [8] Fielding R.: *IT projects doomed to failure*. Computing, November 2002.
- [9] Fortune J., Peters G.: *Information Systems: Achieving success by avoiding failure*. Wiley, 2005.
- [10] Hale D.P., Sharpe S., Hale J.E.: Business-Information Systems Professional Differences: Bridging the Business Rule. *Information Resources Management Journal*, April-June 1999.
- [11] Jaques R.: *UK wasting billions on IT projects*. Computing, April 2004.
- [12] *IT Project Management: Challenges and Best Practices*. Kellogg School of Management, 2003.
- [13] Kelly L.: *Government reexamines IT failures*. Computing, July 2003.
- [14] Liebowitz J.: Information Systems: Success or Failure? *The Journal of Computer Information Systems*, Vol. 40, n. 1, 1999.
- [15] Lyytinen K., Hirschheim R.: *Information System failures: A survey and classification of the empirical literature*. In Oxford Surveys in Information Technology, Oxford University Press, 1987.
- [16] Martinsons M.G., Chong P.K.C.: *The influence of human factors and specialist involvement on information systems success*. Human Relations, Vol. 52, 1999.
- [17] *Common Causes of Project Failure*. National Audit Office and the Office of Government Commerce, 2002.
- [18] Robbins Gioia Survey, 2001.
- [19] *Common Methodologies for Risk Assessment and Management, and The Societal Aspects of Risk*. The Royal Academy of Engineering, London, 2002.
- [20] Sauer C., Cuthbertson C.: *The state of IT project management in the UK*. Templeton College, Oxford University, November 2003
- [21] Wynkoop J.L., Walz D.B.: *Revisiting the Perennial Question: Are IT People Different?* Database for Advances in Information Systems, Vol. 29, 1998.

MARCO SAMPIETRO, Docente della Unit Sistemi Informativi della SDA Bocconi School of Management. Responsabile del corso di Project Management nei Sistemi Informativi. Docente titolare all'Executive MBA Part Time per i corsi di Project Management e Process Driver Organization. Professore a contratto di Project Management presso l'Università L. Bocconi. Coordinatore del Master in Management dei Sistemi Informativi presso l'Università L. Bocconi. E-mail: marco.sampietro@sdabocconi.it



# STATO DELL'ARTE DELLA FOTOGRAFIA DIGITALE BASI TEORICHE E SVILUPPI TECNOLOGICI

Massimo Mancuso  
Stefano Tubaro  
Guido Vannucchi



La fotografia digitale, grazie alle tecniche ICT, ha fatto in questi ultimi anni enormi progressi e ha ormai soppiantato l'acquisizione di immagini con la classica pellicola fotografica. Un ruolo primario in questa evoluzione è stato giocato dai sensori per l'acquisizione di immagini e dagli importanti sviluppi dell'elaborazione numerica dei segnali (DSP) nella fotocamera. Scopo del presente articolo è quello di fornire una panoramica delle basi teoriche della rappresentazione dei colori e delle conseguenti tecnologie che sono alla base della fotografia digitale nella fase di cattura delle immagini.

## 1. INTRODUZIONE

Il campo dell'ICT è sempre più pervasivo estendendosi ormai ai più svariati settori. In particolare, la fotografia digitale, grazie alle tecniche ICT, ha realizzato forti innovazioni quasi completamente soppiantando l'acquisizione di immagini con la tradizionale pellicola. Questo risultato è stato possibile grazie ai sostanziali avanzamenti compiuti dai sensori microelettronici per l'acquisizione d'immagini e nel processamento dei relativi segnali elettrici con tecniche digitali. Inoltre, l'introduzione sempre più spinta di sensori a basso costo sta permettendo di dotare una larga serie di dispositivi personali di comunicazione ed elaborazione (*cellulari, palmari, computer portatili ecc.*) di dispositivi per la

cattura di immagini (fisse ed in movimento). Contrariamente a quanto si potrebbe pensare, la ripresa di un'immagine in movimento pone meno problemi di criticità di un'immagine fissa perché il movimento riduce la sensibilità dell'occhio al dettaglio spaziale ed alle componenti di rumore ad alta frequenza. Pertanto, mentre nella fase iniziale gli apparecchi per la fotografia digitale sono risultati una derivazione della tecnologia degli apparecchi "camcorder" (modificati per la cattura di immagini fisse), oggi invece - con una qualità digitale ormai paragonabile a quella della migliore fotografia a pellicola - alcuni sviluppi tecnologici per la cattura d'immagini fisse influenzano gli apparecchi per la ripresa d'immagini in movimento.

Scopo del presente articolo è pertanto quello

Nota - Il presente articolo rielabora e sintetizza alcuni degli argomenti trattati in una Giornata di Studio (dal titolo: "Le frontiere della fotografia digitale ed il mondo ICT") organizzata nell'Aprile del 2007 dall'Associazione AICT della Federazione AEIT in collaborazione con il Politecnico di Milano. Si ringraziano tutti i partecipanti ed in particolare il dr. Alfredo Roma per alcuni spunti delle conclusioni.

Si ringrazia anche l'Ing. Paolo Talone della FUB che, attraverso un'accurata rilettura del testo, ha dato utili suggerimenti di revisione ed integrazione.

di dare una panoramica tecnica delle basi teoriche della rappresentazione dei colori e delle tecnologie alla base della fotografia digitale all'atto della **fase di cattura** (acquisizione).

La **rappresentazione del colore** è sempre stata un elemento essenziale della fotografia. La luce, ossia la radiazione elettromagnetica che riusciamo a percepire con i nostri occhi è caratterizzata da lunghezze d'onda dello spettro elettromagnetico comprese fra 400 e 700 nm. La sensazione percepita dal nostro senso della vista sembrerebbe dover essere legata ad un numero elevato di parametri che descrivono lo spettro della luce che colpisce l'apparato visivo umano: dalla nostra esperienza quotidiana sappiamo invece che, attraverso tre soli parametri (per esempio le ampiezze di tre colori primari della luce oppure le informazioni di intensità, tinta e saturazione), è possibile dare un'ottima descrizione (in termini percettivi) di una larga porzione delle "luci" osservate dall'occhio umano che fisiologicamente ha una caratterizzazione "tricanale" che si adatta bene ad eccitazioni di tipo "tristimolo".

Questa **rappresentazione a tre valori** delle sensazioni di colore viene spesso data per scontata e l'argomento viene spesso affrontato con superficialità, senza approfondire in alcun modo la teoria e le esperienze fatte per avvalorare questo approccio. A tale scopo è infatti essenziale partire dai concetti fondamentali necessari alla descrizione del sistema visivo umano e della relativa percezione del colore, le cui caratteristiche e limiti sono essenziali per lo sviluppo di adeguate tecnologie di cattura delle immagini. Si è ritenuto pertanto di approfondire nella prima parte di quest'articolo tale importante tematica come necessaria introduzione alle importanti conseguenze pratiche che ne derivano nel campo della fotografia digitale.

Gli altri aspetti importanti che verranno trattati nella seconda parte dell'articolo sono la **tecnologia dei sensori** ed il **processamento dell'immagine** dopo la cattura, passando in rassegna i sensori CCD e CMOS e le più importanti tra le tecniche di elaborazione dell'immagine immediatamente successive alla fase di scatto.

**Ulteriori aspetti della fotografia digitale** che esulano tuttavia dalle finalità del presente articolo sono quelle della stampa, della proiezione, della trasmissione a distanza delle immagini catturate e, particolarmente importan-

ti, quelle delle operazioni di elaborazione e ritocco delle immagini acquisite. Quest'ultime, a differenza del caso d'impiego di pellicola fotografica, sono facilmente alla portata di tutti gli amanti della fotografia e ciò costituisce una grande potenzialità aggiuntiva.

Si può anzi affermare che, a differenza del passato, la fotografia digitale offre, al giorno d'oggi, **due momenti creativi**: l'istante dello scatto e quello della successiva elaborazione dell'immagine. Ciò non deve "scandalizzare" (com'era nella mentalità classica per le modifiche "post-cattura" delle immagini): infatti sia nelle macchine tradizionali che in quelle digitali il parametro della resa cromatica dipende a priori quasi esclusivamente dalle scelte tecnologiche operate nel primo caso dai produttori di pellicola e, nel secondo caso, dai costruttori delle macchine con le loro elaborazioni proprietarie. Ma nel caso delle macchine digitali il fotografo si riappropria della possibilità di agire sul colore agendo su una sua particolare sensibilità alla resa cromatica, attraverso le successive elaborazioni che è in grado di decidere personalmente. Nasce di conseguenza oggi, per molti fotografi, il **nuovo grado di libertà** di poter incidere a posteriori su tutta una serie di parametri che possono modificare sostanzialmente il risultato ottenuto all'atto dello scatto, risultato che, molto più del passato, può essere considerato come una particolare e soggettiva "interpretazione" del soggetto catturato attraverso lo scatto.

## 2. ELEMENTI DI COLORIMETRIA E TEORIA TRICROMATICA

### 2.1. Generalità

Il colore di una superficie o di un oggetto dipende da come lo spettro della luce incidente (bianca o colorata) viene modificata dalle caratteristiche superficiali dell'oggetto stesso. Se una persona, con un sistema visivo che rientra nella media, cerca di ottenere una corrispondenza di percezione cromatica fra una particolare luce (direttamente generata da una fonte di luce o riflessa da una superficie) e la risultante dalla somma di più luci, scoprirà che, in generale, sarà necessario mescolare non meno di tre luci con una fissata composizione spettrale ed intensità opportuna per ottenere la cercata corrispondenza croma-

tica. Tale equivalenza rende palese la natura tricromatica del sistema visivo umano per ciò che attiene alla percezione del colore e ciò è suffragato dall'esistenza di tre differenti cellule sulla retina (coni) con diverse sensibilità spettrali. In altre parole, i due stimoli (luce di test e primari) anche se caratterizzati da differenti composizioni spettrali possono riprodurre la stessa sensazione di colore purché esse suscitino gli stessi livelli di attività nei coni e ciò dipende dall'integrale del prodotto della loro composizione spettrale per la curva di sensibilità di ciascun tipo di coni.

La colorimetria è la scienza che ha per oggetto lo studio e la misura delle "sensazioni di colore" che l'osservatore umano percepisce. L'approccio tricromatico per la rappresentazione della sensazione umana del colore si basa su alcuni importanti assiomi stabiliti a metà dell'800 da Grassman e su *test* accurati effettuati alla fine degli anni '20 per il "color matching". Per qualche maggiore dettaglio su questo argomento si rimanda all'**Appendice 1** a p. 36.

In definitiva, pur con alcune limitazioni, un osservatore che punti la sua attenzione su una luce colorata [C] (caratterizzata da una sua composizione spettrale o, come caso particolare, monocromatica) **percepisce la stessa impressione** visiva della somma di tre luci primarie [ $P_1$ ], [ $P_2$ ], [ $P_3$ ] (a loro volta con proprie distribuzioni spettrali o monocromatiche come il caso di figura A1.1 nell'Appendice 1) purché esse abbiano opportune **pesature**  $A_1^{[C]}$ ,  $A_2^{[C]}$ ,  $A_3^{[C]}$  (valori di *matching*). Ovviamente, anche a parità di [C], le pesature sono differenti a seconda della natura e caratteristiche spettrali dei primari scelti.

La **tipica espressione colorimetrica generalizzata** è pertanto la seguente:

$$[C] \equiv \sum_{j=1}^3 A_j^{[C]} [P_j] = \sum_{j=1}^3 T_j^{[C]} [P_j] A_j^{[W]} \quad (1)$$

L'ultima parte dell'equazione esprime la normalizzazione dei pesi rispetto a quelli necessari, con le stesse tre luci primarie, a "riprodurre" una luce bianca [W] di riferimento a massima intensità: essi sono indicati con  $A_1^{[W]}$ ,  $A_2^{[W]}$ ,  $A_3^{[W]}$  e rappresentano solo costanti di normalizzazione.

Sono così definiti i coefficienti  $T_1^{[C]}$ ,  $T_2^{[C]}$ ,  $T_3^{[C]}$ , detti "**valori di tristimolo**", relativi al colore [C].

I valori di *matching*  $A_1^{[C]}$ ,  $A_2^{[C]}$ ,  $A_3^{[C]}$  (e quindi anche  $T_1^{[C]}$ ,  $T_2^{[C]}$ ,  $T_3^{[C]}$ ) dipendono dalla natura dei primari e dallo spettro della luce [C] ed, in linea di principio, possono essere valutati sperimentalmente per ciascuna combinazione di luce di test e di primari.

Nel caso che la luce [C] sia monocromatica e di intensità unitaria, al variare della sua lunghezza d'onda caratteristica ( $\lambda$ ) i valori di tristimolo  $T_1^{[C]}$ ,  $T_2^{[C]}$ ,  $T_3^{[C]}$  descriveranno tre funzioni di  $\lambda$  indicate col nome di *Color Matching Function* associate ai particolari primari selezionati (ed al bianco di riferimento scelto). Se, per esempio, si scegliessero i tre primari monocromatici RGB del CIE (vedi Appendice 1), le *Color Matching Function* sarebbero quelle riportate nella figura A.1.1, a meno di fattori di scala legati alle normalizzazioni utilizzate per tracciare i grafici.

Si indicheranno con  $T_1(\lambda)$ ,  $T_2(\lambda)$ ,  $T_3(\lambda)$  i **valori di tristimolo per colori monocromatici** per differenti lunghezze d'onda della luce di test (*Color Matching Function*). Una volta note le *Color Matching Function* (relative ai primari generici ed al bianco di riferimento scelti) le componenti di tristimolo di una generica luce [C] con uno spettro qualsiasi potranno essere valutate analiticamente, e non più solo sperimentalmente, in virtù della legge di addittività di Grassman. Più precisamente, si avrà che:

$$T_j^{[C]} = \int C(\lambda) T_j(\lambda) d\lambda \quad j = 1, 2, 3 \quad (2)$$

in cui  $C(\lambda)$  indica specificatamente lo spettro della luce [C]. I valori di tristimolo per il colore [C] così ottenuti possono anche essere negativi (cfr. per esempio Figura A1.1 nell'Appendice 1). Dal momento che essi rappresentano unità di energia, l'interpretazione fisica di questo risultato matematico è quella di una corrispondenza di sensazione cromatica fra la somma della luce in analisi con il primario caratterizzato da valore di tristimolo con segno negativo (la cui intensità sarà associata al modulo di tale valore) e la somma degli altri due primari. Comunque, da un punto di vista pratico, non essendo fisicamente realizzabili valori di tristimolo negativi, ciò implica, in conseguenza, l'esistenza di colori che non possono essere sintetizzati come somma pesata (con pesi positivi) delle tre luci primarie scelte. Fortunatamente è possibile selezio-

nare dei primari con i quali si è in grado di riprodurre la maggior parte dei colori più comuni e naturali e per maggiori informazioni sugli spazi cromatici e le varie standardizzazioni si rimanda all'**Appendice 2** a p. 37.

È possibile anche scegliere primari (vedi Figura A2.1 nell'Appendice 2) per cui le *Color Matching Function* sono sempre positive, ma ciò implica che tali primari non siano fisicamente realizzabili.

I valori di tristimolo possono essere considerati come le coordinate di un punto di uno spazio di colore tridimensionale. Un particolare colore può essere descritto come un punto in questo spazio. Bisogna tuttavia ricordare che la sensazione di colore non è descritta dalla lunghezza del vettore che unisce il punto rappresentativo del colore con l'origine, ma piuttosto dal rapporto fra le coordinate (valori di tristimolo) di tale punto.

L'insieme di colori riproducibili da una terna di luci primarie, ad esempio il Rosso, Verde e Blu con determinate distribuzioni spettrali di potenza, viene chiamato "**color gamut**" del sistema di primari definiti. I colori che rispetto a tale sistema non possono essere riprodotti esattamente sono **esterni al gamut** (gamma) del sistema scelto.

## 2.2. Colorimetria e sistemi di acquisizione della fotocamera digitale

A riguardo dei moderni **sistemi di acquisizione digitale di immagini**, va ricordato che essi si basano, in generale, sull'uso di un sistema ottico tradizionale nel cui piano immagine sono presenti uno o più sensori che effettuano la conversione fra energia ottica ed elettrica. Tipicamente nelle fotocamere digitali, come di vedrà in seguito, si utilizza un solo sensore, mentre per le telecamere professionali spesso ne vengono utilizzati tre, attraverso l'uso di opportune geometrie ottiche. In ogni caso fra ottica e sensore/i sono disposti opportuni filtri colorati (vedi più avanti Figura 3).

Per ogni elemento d'immagine acquista, il sensore/i fornirà un vettore di 3 elementi i cui valori, indicati con  $U_R, U_G, U_B$ , sono dati, in analogia con la eq. (2), da:

$$U_X = \int C(\lambda) F_X(\lambda) h(\lambda) d\lambda \quad X = R, G, B \quad (3)$$

dove  $C(\lambda)$  è la densità di energia della luce

incidente,  $F_X(\lambda)$  è la risposta spettrale dei filtri utilizzati (vedi Figura 4), mentre  $h(\lambda)$  è la risposta spettrale dell'elemento fotosensibile comune a tutti i *pixel*. Chiaramente nell'eq. (3) le funzioni di  $\lambda$  sono sempre positive e quindi anche  $U_R, U_G, U_B$  saranno scalari sempre positivi indipendentemente dalla luce/colore considerata. Ciò porta ad affermare che i primari su cui si basa il sistema di acquisizione delle informazioni di colore sono dei primari non fisicamente realizzabili (come i ben noti CIE-XYZ di cui si parla nell'Appendice 2). Quindi le informazioni di colore acquisite in questo modo non possono essere utilizzate, così come sono, come *input* di un sistema di visualizzazione a tre primari fisicamente realizzabili, ma dovranno essere opportunamente trasformate (*rimappate*).

I dispositivi di acquisizione danno quindi in uscita le informazioni di colore non nel formato nativo (ossia il **segnale "Raw"** che "esce" dal sensore/i), ma trasformano le informazioni acquisite riferendole ad una terna di primari che possano essere fisicamente riprodotti. Tipicamente per le fotocamere digitali viene utilizzato il cosiddetto **spazio colore sRGB** (vedi Appendice 2 relativa agli spazi cromatici).

Il passaggio fra formato "Raw" e formato sRGB avviene attraverso una trasformazione lineare (moltiplicazione per una matrice  $3 \times 3$ ). Non è assicurato che all'uscita di tale trasformazione le componenti siano sempre positive. In caso si generino componenti negative esse vengono opportunamente rimappate su valori positivi.

Nel corso degli ultimi anni, data la sempre maggiore diffusione di software per la post-elaborazione digitale delle immagini, un numero sempre maggiore di fotocamere digitali permette di conservare l'immagine anche in formato *Raw*. Così facendo, per l'elaborazione del segnale, si possono usare dei programmi molto sofisticati avendo a disposizione la potenza di calcolo di un PC, senza le restrizioni di costo, consumo di potenza, tempo di processamento (per ridurre al minimo il tempo tra due scatti consecutivi) e quantità di memoria dinamica a cui devono sottostare le macchine fotografiche digitali. Ovviamente è necessario disporre di una notevole memoria per l'immagazzinamento delle immagini catturate in tale formato nativo.

Lo scopo di questa prima parte dell'articolo è stata quella di illustrare come risultino essere due cose completamente diverse le curve di sensibilità dei filtri utilizzati per l'acquisizione tricromatica nelle fotocamere digitali e la composizione spettrale (e conseguentemente i *gamut*) dei primari utilizzati per la rappresentazione delle immagini acquisite.

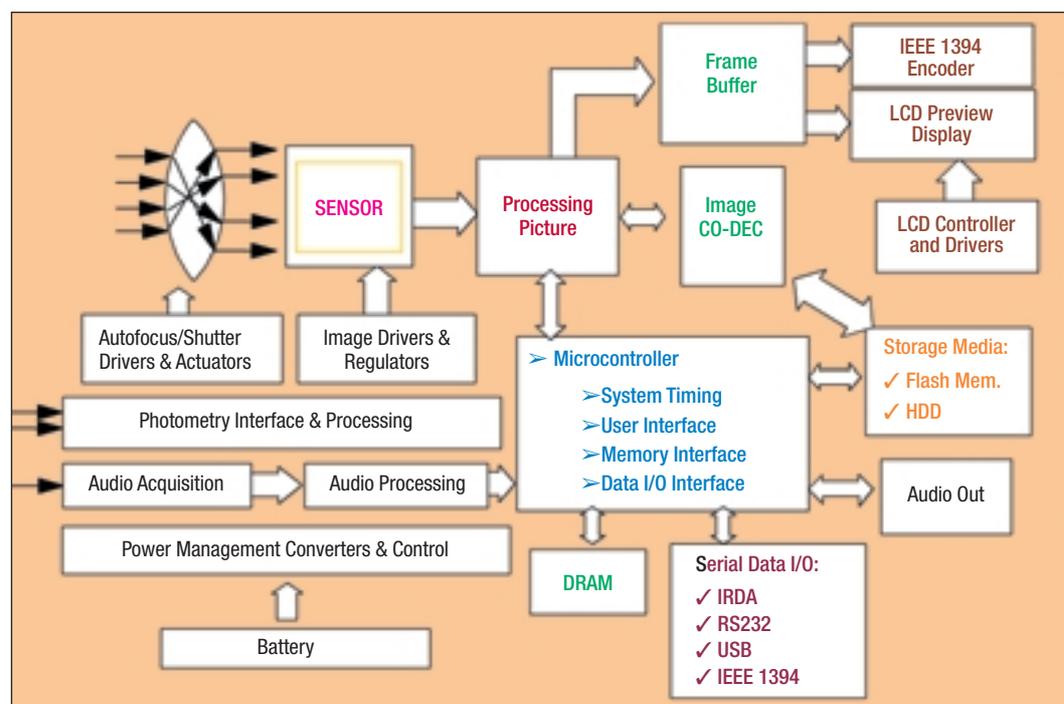
### 3. LA FOTOCAMERA DIGITALE

Lo schema a blocchi di una moderna fotocamera digitale è riportata nella figura 1. Nello schema si identifica un **sistema ottico** del tutto corrispondente a quello di una fotocamera tradizionale. Il secondo blocco che rappresenta il cuore della fotocamera digitale è il **sensore** cui spetta il compito di trasformare i fotoni (luce) in elettroni (cariche elettriche) per ciascuna porzione elementare dell'immagine. La quantità di carica accumulata in ogni elemento del sensore viene poi letta e convertita in informazioni digitali che subiscono di seguito una **serie di processi** assai importanti per garantire la qualità finale dell'immagine e per la sua rappre-

sentazione nel formato desiderato per la memorizzazione.

Al termine della catena, i dati processati vengono codificati ed elaborati numericamente per convertirli nei noti **formati compressi di visualizzazione** di immagini (JPEG, TIFF ecc. a seconda delle esigenze, come si vedrà meglio più avanti) che ne riducono drasticamente le dimensioni e ne permettono una più agevole memorizzazione. Sono questi i dati finali che vengono immagazzinati in una **memoria** (*storage media*) estraibile a stato solido di tipo "flash", con dimensioni e caratteristiche standard o proprietarie, che è in grado di immagazzinare un numero considerevole di immagini il cui valore esatto dipende dal numero di *pixel* del sensore e dal grado di compressione adottato.

L'immagine può, tuttavia, essere anche memorizzata (a spese di un ingombro notevole di memoria) in puri **dati numerici grezzi (RAW)**, così come forniti dal sensore ed elaborata successivamente in un vero e proprio computer con opportuni programmi software di notevole complessità. Tale prestazione è oggi sempre più tipicamente fornita, oltre che da macchine professionali, anche da apparecchi



**FIGURA 1**

Schema a blocchi di una fotocamera digitale. Con le scritte a colori sono indicate le funzioni della fotocamera digitale analizzate nel seguito (Fonte: STM)

*prosumer* (fusione dei due termini *professional* e *consumer*) e da alcuni tipi di compatte.

## 4. SENSORI E “COSTRUZIONE” DELL’IMMAGINE

### 4.1. Principi dei sensori e caratteristiche di base

Le macchine fotografiche digitali per catturare l’immagine impiegano dispositivi fotosensibili a semiconduttori (**sensori**) in grado di trasformare l’informazione luminosa, messa a fuoco sul sensore, in cariche elettriche distribuite spazialmente su elementi sensibili che costituiscono la superficie del sensore medesimo. Nello studio dei sensori è utile adottare la distinzione concettuale tra “*photodetector*” (elemento unitario fotosensibile che nei sensori registra solo livelli di luce acromatica), “*photosite*” (luogo fisico del sensore dove si catturano i dettagli dell’immagine e che può essere costituito da un solo, o due o tre *photodetector* ed il “*pixel*” che rappresenta la più piccola porzione del singolo elemento di una matrice ideale con le relative informazioni di colore. Il *pixel*, anche se ha un preciso significato fisico, rappresenta spesso un dato elaborato - cioè un’entità *software* piuttosto che *hardware* - in quanto, per il colore di un singolo punto della matrice, si sfrutta l’interpolazione con le informazioni cromatiche dei punti adiacenti.

Qualora in un *photosite* si impieghino tre *photodetector* su ciascuno dei quali si deposita un opportuno filtro colorato, si è in grado di rivelare le tre componenti primarie (rossa, verde, blu) del colore della luce incidente nel punto considerato. Nel caso invece in cui per un *photosite* si adotta un solo *photodetector* (ed è la situazione più tipica) è necessario impiegare metodi di interpolazione con le informazioni adiacenti. Nel primo caso citato il *photosite* coincide anche con la definizione di *pixel*, mentre nel secondo caso il *pixel* nasce come risultato dell’elaborazione *software* con utilizzo delle informazioni dei *photosite/photodetector* adiacenti.

In realtà, nelle fotocamere digitali, vengono normalmente impiegate strutture diverse per garantire un migliore uso dell’area del sensore. In ogni caso il livello di entità di carica accumulata da ogni *photodetector* viene poi

convertita (tramite un convertitore A/D) in un numero binario con livello opportuno di *bit* (10, 12, 14) che determinano la precisione con cui il sensore è in grado di acquisire le informazioni di luminosità cromatica. Maggiore è il numero di livelli, minore sarà il rumore di quantizzazione (ossia l’approssimazione nella conversione A/D). Va ricordato come il rumore di quantizzazione possa portare nel caso delle immagini alla creazione di falsi colori od a falsi contorni (*contouring*) in particolare nelle regioni con passaggi a lievi sfumature. Agli inizi della fotografia digitale la risoluzione della fotocamera, e quindi dei sensori, è stato uno dei fattori più determinanti per la qualità e, pertanto, dal punto di vista del *marketing*, si era adottata l’equazione: “più *pixel* = migliore qualità”, in quanto risultava semplice associare ad un unico parametro l’indice di qualità del dispositivo.

Per queste ragioni storiche, nella presentazione delle macchine fotografiche i costruttori quasi sempre usano i termini *photodetector* e *pixel* come acronimi. Ciò in linea di principio non è corretto, ma consente di indicare valori numerici maggiori (di *pixel* che tali in realtà non sono), mentre dal punto di vista della **risoluzione** effettiva la situazione è peggiore di quella indicata. Occorrerebbero, infatti, tre diversi *photodetector* per *photosite* per descrivere con precisione un *pixel* nelle sue effettive informazioni di colore.

La corrente di pensiero sopra menzionata ha scatenato una corsa alla miniaturizzazione (per offrire più “*pixel*” a parità di area) che, in aggiunta alla migliore qualità, ha permesso una maggiore flessibilità (per esempio stampe di maggiori dimensioni senza perdita di risoluzione o stampe di porzione dell’immagine anch’esse senza perdita di risoluzione), nonché l’utilizzo della maggiore risoluzione per migliorare altri aspetti che influenzano la qualità. È importante tuttavia ricordare che accrescere eccessivamente la risoluzione del sensore senza accrescere la sua superficie, riduce l’area del singolo *photodetector* e di conseguenza la sensibilità del sensore. In conseguenza di ciò, oggi si sta facendo un pò di marcia indietro su tale aspetto.

Peraltro non è consigliabile realizzare sensori che occupino aree fisicamente molto grandi,

perché questo introduce costi e limitazioni sulle ottiche. Basta a tale proposito ricordare, nella classica fotografia su pellicola, le differenze tra le ottiche per fotocamere a 35 mm e quelle per macchine 6 × 6 cm.

Premesso quanto sopra, le principali caratteristiche a cui, in sintesi, un sensore deve soddisfare possono così riassumersi:

❑ **adeguato numero di photodetector**, per garantire un elevato dettaglio di immagine e per soddisfare la qualità di eventuali ingrandimenti, senza tuttavia far nascere eccessivi problemi di velocità nel trasferimento dei dati al processore d'immagine;

❑ **elevato rapporto segnale-rumore**, in particolare nella cattura d'immagini a bassa luminosità, evitando segnali spuri derivanti da rumori di fondo degli elementi fotosensibili;

❑ **elevata gamma dinamica**, ossia ampiezza d'intervallo di luminosità registrabile prima che il photodetector vada in saturazione;

❑ **capacità di non trattenere "ombre"**, relative cioè alla persistenza di immagini precedenti (vale in particolare per i sensori di tipo CMOS). Se la dimensione fisica del sensore è elevata a parità di numero di *pixel* denunciati dal costruttore, questo comporta ovviamente una maggiore dimensione fisica dei *photodetector*. Tale fatto rende maggiormente sensibile il sensore garantendone un miglior rapporto segnale/rumore.

I sensori di alcune costose fotocamere REFLEX professionali hanno il sensore CCD con una dimensione 24 × 36 mm, pari cioè a quella del fotogramma della pellicola. Con queste dimensioni, oltre ad avere un basso rumore, la lunghezza focale delle ottiche usate per le fotocamere tradizionali non viene alterata nel loro impiego in macchine digitali ad obiettivo intercambiabile. Fuori da questi casi le dimensioni dei sensori possono variare da macchina a macchina (pur mantenendo sempre 2/3 come rapporto dei lati) e la focale di un obiettivo di una fotocamera tradizionale si riduce dello stesso rapporto dei lati del sensore rispetto agli omologhi del fotogramma della pellicola. Tuttavia, come già accennato, per le fotocamere digitali è invalso l'uso di esprimere le focali in termini equivalenti a quelle delle fotocamere tradizionali, mentre in realtà il valore effettivo è più piccolo e questo spiega la compattezza degli obiettivi.

## 4.2. Tecnologie CCD e C- MOS impiegate per i sensori

I sensori possono essere di tipo **CCD** (*Charge Coupled Devices*) o di tipo **CMOS** (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*). Senza entrare in eccessivi dettagli, si riportano di seguito le maggiori differenze tra i due tipi di sensori.

Entrambi i sensori CCD e CMOS sono costituiti da una matrice di milioni di celle sensibili alla luce che, per ambedue i tipi, sono realizzati attraverso *photo-diodes* oppure *photo-gates*. Ciascuna di queste celle converte in cariche elettriche i fotoni che incidono sulla relativa porzione d'immagine: le celle a foto-diodo usano la giunzione per immagazzinare la carica generata, mentre le celle a foto-gate usano le barriere di potenziale della loro capacità. Tali celle costituiscono i *photodetector* o i *photo-site* (nel caso di un solo *detector*) già definite poco sopra e tanto maggiore è l'intensità della luce incidente tanto maggiore è la carica elettrica che viene accumulata nel relativo sito.

Il passo successivo è quello di leggere i valori delle cariche accumulate in ciascuna cella. In un **CCD** la carica è "estratta" ad un angolo estremo del sensore e le cariche di ciascun elemento fotosensibile debbono, attraverso opportune tecniche di indirizzamento che generano i necessari campi elettrici, essere trasferite nelle diverse celle contigue per giungere alla porta di uscita (da cui il nome del dispositivo). Ciò significa che la carica deve essere "spinta" da un *pixel* a quello adiacente senza che parte di essa rimanga confinata nel *pixel* da cui è stata generata o in cui transita. Tale metodo di scansione dei CCD richiede tensioni nel campo 2.5 ~ 10 V e comporta un maggiore consumo di potenza rispetto ai sensori di tipo CMOS. Le cariche trasferite, alla fine del processo di scansione, sono trasformate in tensione attraverso l'uso di un'opportuna capacità. Si genera in tal modo, attraverso la lettura, una successione di campioni analogici sequenziali che vengono tradotti in numeri binari per mezzo di un convertitore analogico-digitale.

Lo scopo principale della progettazione e dei processi di costruzione dei CCD è quello di massimizzare il parametro *Charge Transfer Efficiency* (CTE), che misura il rapporto tra la carica trasferita e quella che rimane nel *pixel* che l'ha generata. Ciò si traduce in speciali processi manifatturieri e nella necessità, come già ac-

cennato, di tensioni di alimentazione più elevate con un conseguente **maggiore consumo di potenza rispetto al caso dei C-MOS.**

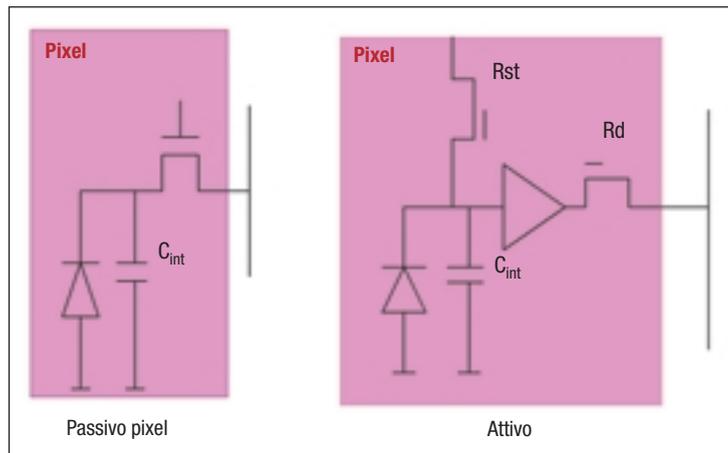
I vantaggi del CCD consistono nell'aver maggiore sensibilità, un trasferimento di carica immune da rumore e, a causa delle barriere di potenziale per il trasferimento di carica, una minore *dark-current* (ossia un flusso di cariche generate dal dispositivo in assenza di segnale). In sintesi si può dire che i CCD hanno una maggiore fedeltà e sensibilità alla luce incidente, con la possibilità di creare immagini con basso rumore e di alta qualità.

I sensori indicati col nome **C-MOS** si basano sullo stesso principio di trasformazione della luce in carica elettrica, ma il segnale generato in ciascuna cella viene trasformato in tensione prima del trasferimento: ne consegue la necessità di introdurre *in loco* un condensatore che trasformi la carica in tensione e, spesso, l'opportunità di introdurre un circuito di amplificazione a livello di *photodetector*, riducendo la percentuale dell'area fotosensibile (tale percentuale è nota come *Fill-Factor*). Il segnale generato viene trasportato all'uscita attraverso percorsi altamente conduttivi e questa è un'altra ragione per un consumo di potenza ridotto rispetto al CCD. Aspetto negativo risulta invece il fatto che l'assenza di barriere di potenziale produce, nei sensori C-MOS una maggiore *dark-current*.

Per quanto detto sopra, come illustrato nella figura 2, i sensori di tipo CMOS possono essere classificati in sensori con *photodetector* di tipo passivo o attivo (APS: *Active Pixel Sensor*). Nei primi il *photodetector* è costituito esclusivamente dal fotodiode, un interruttore ed un condensatore. Nei sensori APS si ha invece anche la presenza di un amplificatore per ciascun *photodetector* ottenendo quindi un maggiore SNR, ma riducendo il *fill-factor*.

Il **grande vantaggio dei sensori a C-MOS** è quello di usare le stesse tecnologie a semiconduttore utilizzate in grande serie per i dispositivi logici, ciò che permette integrazioni sullo stesso *chip* con altra circuitistica.

In sintesi si può affermare che i vantaggi dei sensori CMOS, rispetto ai CCD, risiedono in un minor costo di sistema (dovuto ai più semplici criteri di indirizzamento ed alla integrazione del convertitore analogico-digitale sullo stes-



so *chip*), un consumo di potenza più basso e nell'uso di tecnologie a semiconduttore standard che permettono di integrare più funzionalità (per esempio la parte di conversione A/D e di elaborazione all'interno dello stesso *chip*. Ciò tuttavia a scapito di una maggiore *dark-current*, di un *fill-factor* meno buono e quindi, a parità di area, di una minore sensibilità rispetto ai sensori CCD (per cui si può ricorrere all'uso di microlenti su ciascun photodetector come illustrato più avanti).

Le precedenti considerazioni spiegano il perché della grande diffusione nel campo della telefonia cellulare di fotocamere realizzate con tecnologia CMOS. Il grande miglioramento dei processi produttivi di questo tipo di sensori ha portato al loro uso nelle fotocamere digitali denominate SLR (*Single Lens Reflex*) ossia di fascia alta.

Non vi è dubbio che, nel tempo, i sensori CMOS miglioreranno al punto da essere paragonabili ai sensori CCD per la massima parte delle applicazioni, ma ancora questo traguardo non è stato raggiunto.

Poiché l'architettura ed il *layout* fisico è essenzialmente indipendente dalla tecnologia, per il seguito di questo articolo i due tipi di sensori possono essere considerati sostanzialmente coincidenti.

### 4.3. Tecniche per la cattura del colore nei sensori

Il sensore è costituito da una matrice di elementi fotosensibili a tutte le lunghezze d'onda della radiazione elettromagnetica visibile (ed anche all'infrarosso). Per rendere possibile l'acquisizione di informazioni di colore in modalità tri-

**FIGURA 2**

Sensori con celle passive od attive

cromatica, ciascuno elemento della matrice viene reso sensibile ad una particolare intervallo di lunghezze d'onda con la deposizione di un filtro appropriato su ciascun *photodetector*.

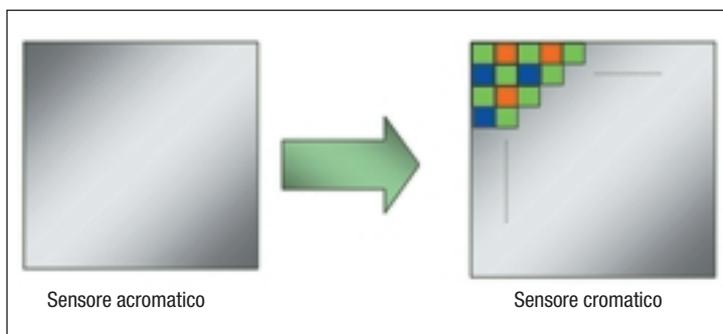
Sono normalmente utilizzate **due classi di filtri**: quelli "trasparenti" a bande spettrali centrate intorno al rosso, verde e blu (colori primari) o quelli "trasparenti" a bande centrate intorno a Ciano, Magenta e Giallo (colori complementari). La prima classe è quella normalmente preferita poiché permette una maggiore fedeltà nell'acquisizione delle informazioni di colori e durante il seguito dell'articolo si farà riferimento solo ad essa. Le camere digitali più popolari utilizzano un solo sensore per l'acquisizione dell'immagine

e su di esso è disposto un filtro a mosaico denominato "**Color Filter Array**" (*CFA*). I filtri sono disposti secondo opportuni mosaici di cui il più utilizzato è noto come "**Bayer pattern**" (dal nome di chi lo ha proposto), caratterizzandosi in realtà con tale nome una famiglia con varianti nel numero dei colori filtrati (3 o 4) e nel tipo di disposizione dei colori sul mosaico. Il più comunemente usato è quello denominato GRGB che ha il 50% dei *pixel* che catturano il Verde (**G**), il 25% che catturano il Rosso (**R**) ed il rimanente 25% che catturano il Blu (**B**) (Figura 3). Questa particolare distribuzione tiene conto della maggiore sensibilità dell'occhio umano alle lunghezze d'onda prossime al Verde. Nella figura 4 sono riportate le risposte spettrali tipiche di una terna di filtri colore: si noti che in realtà i filtri utilizzati sono quattro, poiché deve essere utilizzato anche un filtro IR anti-infrarosso per evitare l'acquisizione di energia ottica relativa all'infrarosso.

Di recente sono state introdotte delle soluzioni alternative al *pattern* di Bayer dove il secondo *pixel* sensibile al Verde è stato sostituito da uno sensibile allo Smeraldo (Sony) nel tentativo di migliorare la qualità dei colori. Sono state anche introdotte particolari strutture di *pixel* per una maggiore definizione e campo dinamico (Fujifilm) in modo da evitare la perdita di dettagli dovuta alla saturazione. Infine sono stati anche proposti nuovi *pattern* con l'introduzione di *pixel* non mascherati con filtri colorati (Kodak) per migliorare entrambi gli aspetti di cui sopra.

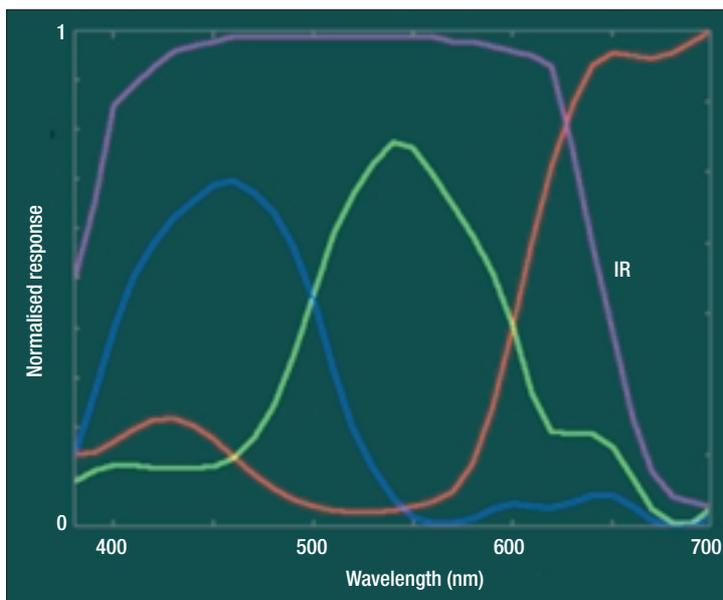
Poiché per la struttura adottata, ogni *photodetector* cattura solo una delle componenti primarie RGB, se si vuole avere in uscita un'immagine con un numero di *pixel* pari a quello dei *photodetector* le altre due componenti cromatiche che concorrono alla formazione di un *pixel* vengono calcolate dal processore d'immagine con l'algoritmo di "**demosaicing**" che consiste nell'applicare un opportuno metodo di **interpolazione** utilizzando anche le informazioni dei valori cromatici dei *photodetector* adiacenti. Con tale procedura si ottengono buoni risultati anche in virtù della minore risoluzione dell'occhio umano alle differenze cromatiche rispetto a quelle di luminosità.

Il processo di "ricostruzione" del colore ed i metodi di bilanciamento del bianco di cui si parlerà poco avanti, assumono un ruolo deter-



**FIGURA 3**

Un sensore fotosensibile acromatico (sensibile cioè a tutte le lunghezze d'onda della luce visibile) si trasforma in un sensore a colori attraverso l'aggiunta sui *photodetector* di filtri di colore RGB (in questo caso secondo il *pattern* di Bayer)



**FIGURA 4**

Risposte dei filtri depositati sui *photodetector* del sensore di immagine

minante nell'ottenere immagini di buona qualità e vengono di conseguenza utilizzati algoritmi di elevata complessità e software proprietari che i costruttori mantengono riservati. Val la pena citare che in commercio esiste un solo sensore, il FOVEON, in grado di catturare tutte e tre le componenti RGB su un unico photosite e che, in quanto tale, è più simile all'occhio umano. La sua diffusione è tuttavia finora abbastanza più ridotta rispetto ai sensori dotati di *Color Filter Array*.

Tecnologicamente legato al deposito dei filtri di colore è l'accrescimento di microlenti su ciascun *photodetector* in modo da focalizzare i fotoni sulla parte sensibile del *photodetector* (Figura 5). Si compensa in tal modo la perdita di sensibilità del sensore conseguente a fill-factor significativamente minori di 1.

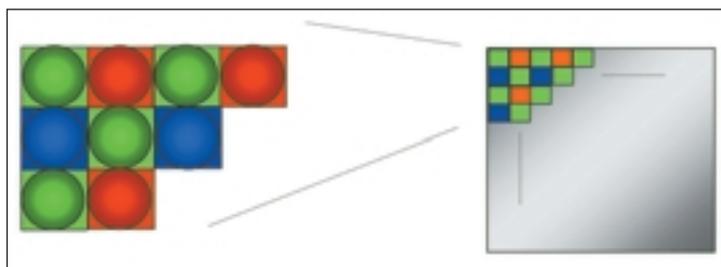
## 5. PROCESSAMENTO DEI DATI FORNITI DAL SENSORE

La figura 6 descrive una tipica catena di elaborazione digitale dei dati forniti dal sensore. Alcuni di essi sono attivi durante la fase di pre-cattura: viene infatti analizzata l'immagine (o il flusso di immagini acquisite dal sensore) estraendone caratteristiche come l'istogramma dei tre canali colore, valori medi

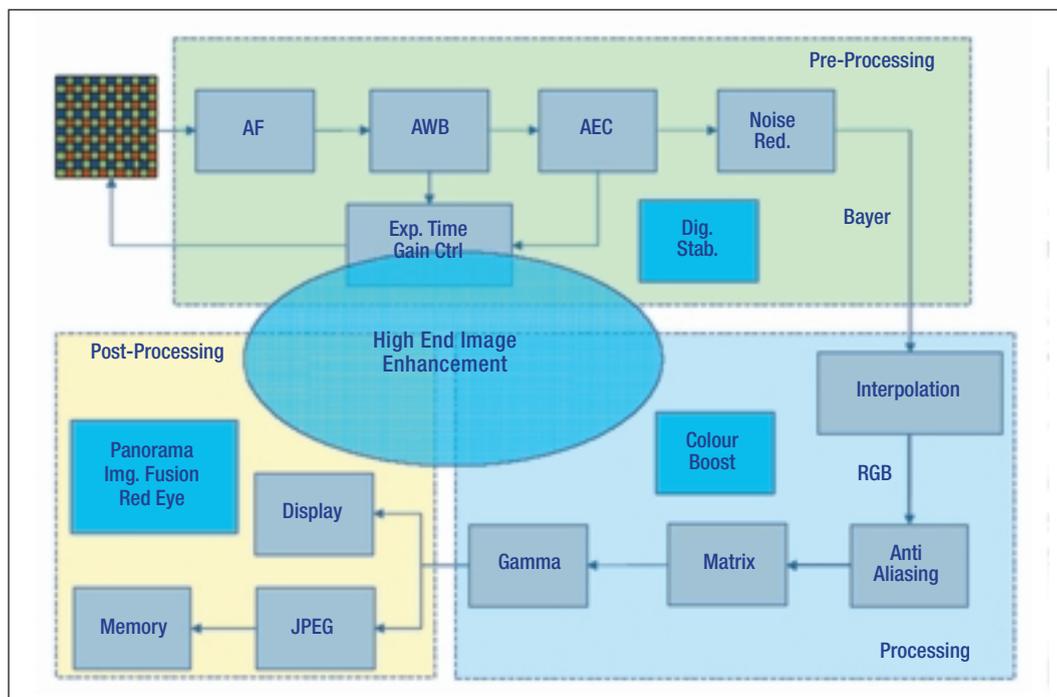
di luminosità, contenuto di alta frequenza ed energia media per canale.

Con tali parametri si opera una serie di operazioni di "pre-processing" per impostare l'**autofocus (AF)**, l'**esposizione automatica (AE)** ed il **bilanciamento automatico del bianco (AWB)** (di cui solo quest'ultimo è tipico delle fotocamere digitali) nonché la **riduzione del Rumore (Noise Reduction)**.

Si ha poi una catena di ulteriori processamenti (escluso il formato RAW cui sopra si è accennato) relativi specificatamente al colore quali la **ricostruzione dell'informazione colore (Pixel Interpolation)**, la **correzione dei contorni (Anti-Aliasing)** per modificare falsi colori, lo **sharpening** per migliorare la nitidezza e la trasformazione "**gamma**" per tener conto della non-linearità dei *monitor*.



**FIGURA 5**  
Micro-lenti disposte sui photodetector del pattern del sensore per aumentarne la sensibilità



**FIGURA 6**  
Tipica catena di elaborazione digitale dei dati forniti dal sensore (Fonte: ST)

Le informazioni relative ad ogni *pixel* vengono infine registrate in un file che possiede le informazioni di tutte e tre le componenti RGB, per subire infine i processi di *compressione* e *memorizzazione*.

### 5.1. Equalizzazione automatica di immagini a colori (bilanciamento del bianco)

Le informazioni di colore associate alle immagini acquisite con tecniche tradizionali (pellicola fotografica) e con tecniche digitali sono influenzate sia dalla riflettanza delle superfici inquadrature, sia, in maniera altrettanto significativa, dal tipo di illuminazione della scena. Uno stesso oggetto appare di colore diverso se osservato in piena luce solare o sotto una luce fluorescente o ad incandescenza.

Il nostro sistema percettivo è tuttavia in grado di compensare, in buona misura, queste variazioni e pertanto la nostra percezione del colore risulta, entro certi limiti, indipendente dalle caratteristiche spettrali della sorgente luminosa che illumina la scena. (un foglio bianco, ad esempio, verrà percepito grossomodo dello stesso colore se visto sotto luce solare o sotto una lampada con filamento al tungsteno, pur essendo gli spettri delle due luci profondamente diversi).

Ovviamente queste capacità di “*chromatic adaptation*” del nostro sistema visivo si attivano quando si osserva una scena reale. Osservando, invece una fotografia, queste differenze ci appaiono in tutta la loro importanza. È quindi importante che le moderne fotocamere digitali ed i programmi di fotoritocco rendano disponibili delle tecniche che simulino, in qualche modo, il comportamento del nostro sistema visivo.

La tecnica più semplice a questo riguardo è il cosiddetto “*bilanciamento del bianco*” che, in ultima analisi, non è altro che l’aggiustamento dei colori di una fotografia in modo da evitare dominanti poco gradevoli. Ovviamente il risultato gradevole può essere anche un fatto soggettivo legato alla creatività e sensibilità del fotografo. Facendo riferimento a quanto illustrato nella prima parte dell’articolo sulla colorimetria, ciò significa riscaldare le componenti di colore in modo che le aree che si ritengono bianche siano rappresentati con valori R, G, B uguali fra loro (e di ampiezza massima se la superficie considerata può essere assunta come la più luminosa possibile).

Un modo oggettivo e semplice di procedere per il bilanciamento è quello di effettuare la **calibrazione a priori del bianco** della fotocamera inquadrando una superficie bianca di riferimento. Il processore della camera legge i valori R, G, B medi dell’immagine e trova i fattori di scala da applicare ad ogni canale di colore per ottenere il colore associato alla superficie bianca osservata sotto la luce di riferimento (per esempio luce solare indiretta). Questi fattori di scala saranno poi automaticamente applicati a tutte le immagini in seguito acquisite. Oltre alla procedura qui menzionata, le fotocamere hanno poi la possibilità di calibrazione del bianco per i tipi di luce più comuni (solare, incandescenza, fluorescente, flash,...). La tecnica è semplice ed interessante, ma richiede di eseguire correttamente questa fase di calibrazione a priori. Se ad esempio si sbaglia il *pre-set* di calibrazione con macchina impostata per luce solare, ma con foto ripresa sotto una luce ad incandescenza, tutto apparirà comunque rosso-giallastro.

Al posto della pre-calibrazione si può adottare una tecnica di **bilanciamento automatico del bianco**, ma in questo caso il problema diviene molto più complesso da risolvere. Infatti, se si fa riferimento alla precedente eq. (3) è facile intuire come una stessa superficie venga acquisita in modo diverso se osservato sotto luci diverse, ma al contempo può avvenire che superfici diverse osservate sotto luci diverse vengono acquisite dalla fotocamera come se fossero dello stesso colore. In genere, perciò, le tecniche di bilanciamento automatico del bianco devono operare sulla base di alcune ipotesi/assunzioni a priori.

A seconda delle ipotesi fatte si hanno tecniche diverse di bilanciamento automatico del bianco, e fra queste le più note vanno sotto i nomi di: “*Grey World*”, “*White Patch*”, “*Gamut Match*”, “*Retinex*”.

Nella tecnica “**Grey World**” si assume che la media dei colori di un’immagine (acquisita con un’illuminazione “canonica”) sia il grigio, da cui il nome dell’approccio. La deviazione da questa situazione è attribuita ad un’illuminazione diversa da quella di riferimento. I fattori di scala (costanti per tutta l’immagine) applicati alle componenti rossa, verde e blu di ogni *pixel* vengono calcolati per riportarsi quanto meglio possibile al “*Grey World*”.

La tecnica del **"White Patch"** assume invece che i *pixel* più luminosi dell'immagine si riferiscano alla ripresa di una superficie bianca (e quindi corrispondano al colore dell'illuminante). In questo caso i fattori di scala applicati ai tre canali di colore sono calcolati in modo da riportare la porzione di immagine considerata ad essere del colore bianco "canonico".

Nel caso del **"Gamut Match"** invece si crea l'istogramma tridimensionale delle componenti RGB di ciascun punto immagine. Si trovano poi i fattori di scala per le componenti colore che portano tale istogramma ad avere la forma più "canonica" possibile.

Infine l'approccio **"Retinex"** (Retina + Cortex) si basa, almeno concettualmente, sulle esperienze di Edwin Herbert Land (fondatore della società Polaroid, 1909 – 1991) sulle modalità di funzionamento del sistema visivo umano. Attraverso di esse Land ipotizzò, infatti, che i meccanismi della visione nascano da una forte interazione fra retina e corteccia cerebrale. Questa tecnica di equalizzazione automatica dei colori si basa sull'ipotesi che l'immagine possa essere vista come il prodotto fra una componente con lente variazioni spaziali (campo di illuminazione) ed una a veloce variazione spaziale (campo delle riflettanze degli oggetti). Le veloci variazioni sono dovute alle brusche transizioni associate al passaggio fra due oggetti diversi. Attraverso opportune tecniche statistiche si cerca di stimare (quindi separare) queste due componenti, si procede poi ad una equalizzazione del campo di illuminazione ed ad una successiva ricostruzione delle immagini. L'uso dell'operatore logaritmo semplifica la procedura trasformando i prodotti (campo di illuminazione per campo di riflettività) in somme. La tecnica *Retinex* viene spesso utilizzata anche come tecnica di equalizzazione delle intensità delle immagini e non solo delle informazioni cromatiche per mettere in risalto particolari altrimenti poco o per nulla visibili.

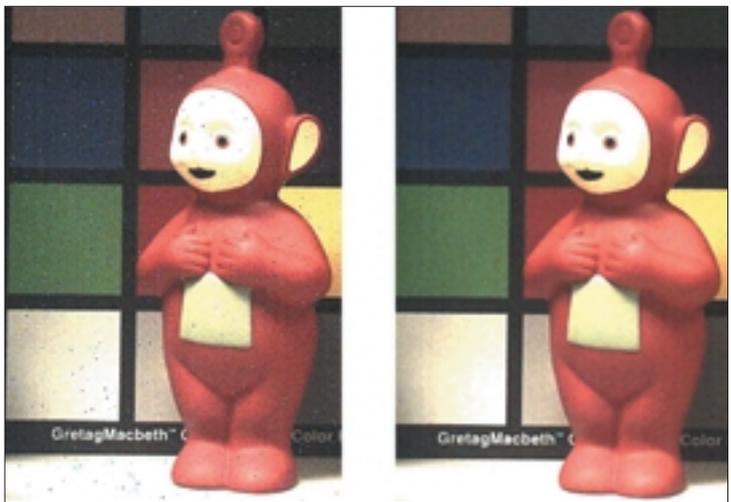
Nella figura 7 è riportato un esempio di correzione cromatica per compensazione dell'illuminante.

All'atto pratico nessuna delle tecniche descritte, e delle molte altre presenti in letteratura, riesce a dare risultati "piacevoli" all'occhio umano in tutte le circostanze. Le moderne fotocamere digitali, dotate di potenti processori, sulla base di *preset* impostati ed attraverso tecniche di ana-



**FIGURA 7**

Effetto dell'applicazione di una tecnica di compensazione dell'illuminante



**FIGURA 8**

Elaborazione dell'immagine per eliminare difetti dei pixel

lisi di immagine, classificano le tipologie di foto che si possono scattare (volto in primo piano, ripresa di gruppo, panorama di mare, panorama con predominanza di prati, foto notturne ecc.). A seguire, caso per caso, si utilizzano tecniche di equalizzazione diverse per ottenere le immagini più gradevoli possibili.

## 5.2. Eliminazione dei pixel difettosi e riduzione del rumore

Le tecniche di **"Defect Correction"** hanno lo scopo di correggere la modalità di funzionamento dei *pixel* che deterministicamente hanno una sensibilità minore o maggiore della media rispetto a quelli con funzionamento "normale". Tali tecniche si basano su algoritmi legati all'analisi del contesto "locale" (e cioè sull'informazione presente in un *pixel* e nel *pixel* immediatamente vicino). Le tecniche utilizzate si basano su una tabella pre-calcolata che contiene la posizione dei *pixel* difettosi oppure su algoritmi che determinano se alcuni *pixel* risultano difettosi durante la cattura dell'immagine (Figura 8).

Le tecniche di eliminazione dei *pixel* difettosi utilizzano massicciamente filtri non-lineari di tipo "mediano". Nel caso più semplice un filtro mediano sostituisce il valore di intensità (o di componente di colore) di un *pixel* corrente con il valore mediano fra tutti quelli associati ai *pixel* di una regione che circonda il *pixel* corrente. Tale regione (che comprende anche il *pixel* corrente) ha spesso la dimensione di  $3 \times 3$  *pixel*.

Il passo successivo è rappresentato dalla riduzione del rumore statistico (**Noise Reduction**). Tale tecnica viene anch'essa, come la precedente, applicata direttamente nel dominio del Bayer pattern perché così facendo i passi successivi possono beneficiare di un'immagine meno rumorosa.

Il rumore può avere distribuzioni statistiche diverse e cambia a seconda della luminosità della scena. Le tecniche di riduzione del rumore sono di tipo non lineare in quanto devono riuscire a distinguere le zone omogenee da quelle contenenti i contorni degli oggetti. Nelle prime il rumore risulta evidente e quindi deve essere eliminato senza rimuovere informazione significative, in particolare i contorni. Questi ultimi devono invece essere preservati quanto più è possibile perché rappresentano il contenuto di informazione presente nell'immagine.

## 6. COMPRESSIONE E FORMATI DI SALVATAGGIO DELLE IMMAGINI

Come già accennato, i dati che formano le immagini sono codificati ed ordinati sequenzialmente per poi essere compressi in modo da salvarli agevolmente su una memoria. La semplice scrittura dei dati in aritmetica binaria con ordinamento sequenziale (formato non compresso) richiederebbe infatti uno spazio in memoria troppo grande.

Se, ad esempio, desideriamo ottenere, in formato 3:2, un'immagine di  $3.072 \times 2.048$  pixel è necessario adottare un sensore da circa 6 Megapixel. Volendo memorizzare l'immagine in RGB e adottando 24 bit/pixel di dinamica complessiva (ossia 8 bit/pixel e quindi 256 livelli di dinamica per ciascuna delle tre componenti) si richiede, senza compressione, un'occupazione di memoria di circa 18 Mbyte. Tale

occupazione sale a 24 Mbyte se si adottano per la codifica binaria 11 bit, come spesso viene richiesto in immagini professionali destinate alla post elaborazione per rappresentare un numero più elevato di gradazioni di colore. Per ridurre l'ammontare di memoria richiesta da ciascuna foto si ricorre ad **algoritmi di compressione** che riducono la correlazione dei dati. A seconda della qualità desiderata gli algoritmi di compressione possono essere **loss-less**, **lossy** e **visually loss-less**.

Le tecniche di codifica **loss-less** prendono anche il nome di codifiche entropiche e sono intrinsecamente senza perdita (ovvero dai dati codificati è sempre possibile la ricostruzione integrale dell'immagine originale). Una buona codifica entropica si basa su una rappresentazione ed ordinamento dei dati nel modo più efficiente possibile, sfruttando le proprietà statistiche che i dati medesimi possiedono in un'immagine reale. Su una foto reale ciò porta ad una compressione dei dati di circa 2 volte. Con gli algoritmi **lossy**, dopo la decompressione, si ottiene invece un'immagine diversa dall'originale, ma che risulta "accettabile" all'utente finale. A questa classe appartengono anche gli algoritmi di compressione **visually loss-less** con i quali si ottengono delle differenze tra originale e decodificato che non sono visibili attraverso l'ispezione visiva, ma solo attraverso comparazione numerica. Un esempio di **visually loss-less** è costituito dal passaggio da uno spazio di colore RGB a quello delle luminanze e crominanze, seguito dal sottocampionamento delle crominanze perché queste vengono percepite in maniera ridotta dal sistema visivo umano. A seconda delle codifiche adottate si perviene ad una compressione dei dati pari a 1,5 volte (nel cosiddetto formato 4:2:2) od a 2 (nel formato 4:2:0).

Le tecniche universalmente usate, con molte differenti varianti, per una forte compressione sono però quelle basate su opportune "trasformate" seguite da quantizzazione e codifica entropica, processo che, nel suo complesso, elimina le irrilevanze e le ridondanze dell'immagine. Queste tecniche portano ad un risparmio pari ad un fattore di 20-30, pur mantenendo una buona qualità. Un esempio di risultato di compressione **lossy** è dato nella figura 9 per la fotografia di un



FIGURA 9

Esempio di compressione (30 volte) della fotografia di un francobollo.

(Si può notare che l'informazione persa con la compressione JPEG riguarda essenzialmente i contorni degli "oggetti". Tuttavia la qualità finale rimane più che accettabile per un uso amatoriale)

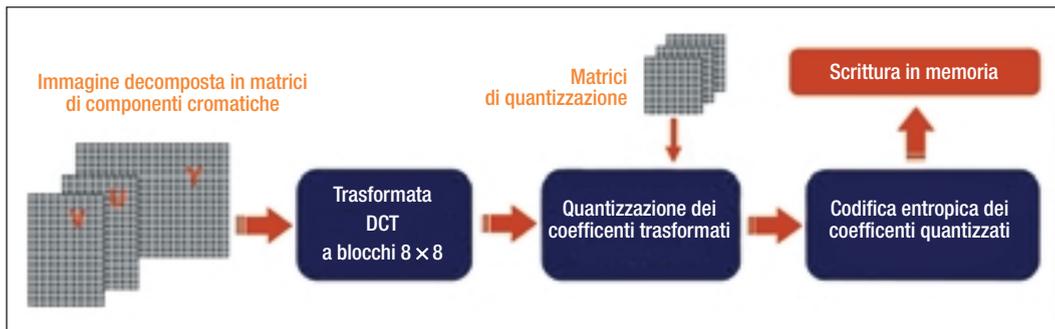


FIGURA 10

Schema di elaborazione digitale operato dalla compressione JPEG

francobollo ed ove è utilizzata una compressione di tipo JPEG.

Il **formato di compressione** più noto ed adottato nel campo della fotografia digitale è il **JPEG**, basato sulla DCT (*Discrete Cosine Transform*), ormai universalmente utilizzato nel campo del *visually loss-less* e che adotta lo schema di elaborazione riportato in modo schematico nella figura 10.

Lo standard JPEG ha rivoluzionato, dagli anni '80 in poi, il trattamento delle immagini aprendo la strada alla diffusione della fotografia digitale. Regolando il rapporto di compressione si può ottenere una qualità *visually loss-less*, rappresentando una foto reale con  $2 \div 4$  bit/pixel. Se, si aumenta il rapporto di com-

pressione (pur mantenendo l'immagine accettabile) si ottiene una qualità *lossy* che può essere rappresentata con 1 bit/pixel o meno.

È opportuno notare che, a parità di fattore di compressione, si può ottenere una qualità diversa per tipi di immagini differenti. In particolare possono comparire, in alcuni casi, i cosiddetti "artefatti" tipici della compressione a blocchi basata sulla trasformata DCT, quale l'effetto di "*blocchettamento*" dell'immagine ed il cosiddetto *ringing* attorno ai contorni. Le prestazioni delle tecniche di compressione sono, infatti, fortemente dipendenti dall'entropia dei dati da comprimere.

Per ovviare a tutto ciò ed ottenere una migliore qualità sono state sviluppate delle tec-

niche che permettono, a parità di fattore di compressione, di **selezionare i parametri dell'encoder** a seconda del tipo di immagine. In aggiunta allo standard JPEG è stato sviluppato e proposto il nuovo standard **JPEG-2000**, molto più flessibile (in cambio di una maggiore complessità realizzativa) del JPEG, che tuttavia al momento non ha ancora trovato la "killer application" sul mercato.

In sintesi i **formati normalmente usati nelle fotocamere digitali per il salvataggio** delle immagini sono:

❑ **BMP**: formato di salvataggio poco utilizzato poiché il file è di dimensioni piuttosto elevate in cui le immagini possono essere salvate a 16, 24 e 32 bit/pixel senza nessun tipo di compressione;

❑ **TIFF**: formato in grado di salvare immagini senza perdita d'informazioni in uno spazio relativamente contenuto di compressione;

❑ **JPEG**: il più usato nelle fotocamere anche se è del tipo *lossy* (e pertanto con perdita di informazioni);

❑ **RAW**: formato "grezzo" utilizzato dai professionisti che sta ad indicare che l'immagine catturata dal sensore CCD o CMOS della macchina fotografica non viene processata in nessun modo dalla fotocamera, a parte la conversione Analogico/Digitale. Le immagini vengono ricomposte e regolate in quanto a profondità colore con potenti programmi per PC ed infine convertite in uno qualsiasi dei formati conosciuti. I *file RAW*, partendo dai dati grezzi, consentono di apportare in un secondo momento dei miglioramenti significativi alla qualità dell'immagine scattata, riportandosi alle condizioni iniziali di scatto. Si può, per esempio, aggiustare il bilanciamento del bianco, ridurre eventuali aberrazioni cromatiche degli obiettivi, ottimizzare l'esposizione ecc.. I *file RAW* hanno anche una grande profondità cromatica (fino a 16 bit per *photodetector* ossia 48 bit per i tre canali di colore) che permettono "lavorazioni" anche sostanziali sulle immagini senza alterarne la qualità.

La scrittura e lettura dei *file* in formato RAW è molto più lenta rispetto a quella in formato JPEG per la maggiore quantità di dati da scrivere, rendendo difficoltosa la loro archiviazione e la loro successiva visione. Alcuni produttori di fotocamere digitali hanno inserito il doppio formato di registrazione negli appa-

recchi. Questo consente di leggere l'immagine registrata in formato JPEG con una buona velocità (per esempio, nelle operazioni di selezione ed archiviazione delle immagini), mentre è sempre possibile poter utilizzare il formato RAW per le elaborazioni complesse. Per elaborare un file RAW al computer occorre evidentemente un software adeguato che, tra l'altro, compie anche tutte le operazioni del processore d'immagine della fotocamera.

Nelle fotocamere, i file rappresentanti le immagini vengono immagazzinati in memorie EProm di tipo Flash, gestibili dall'utente.

Quelle oggi utilizzati dalle case costruttrici di fotocamere digitali sono principalmente:

- *Compact flash*;
- *Memory Stick*;
- *Microdrive*;
- *MultiMedia (MMC)*;
- *SD (secure digital)*;
- *SmartMedia*;
- e *Fuji*.

A conclusione di questo quadro è opportuno notare che il vantaggio di un formato standard per i file d'immagine è anche quello di promuovere l'interoperabilità di dispositivi diversi (Camere, PC, Lettori DVD, Stampanti ecc).

## 7. CONCLUSIONI

Per quanto riguarda i sensori, le moderne macchine fotografiche hanno raggiunto ormai dimensioni pari a molti *Megapixel* a confronto della fovea dell'occhio umano che ha "solo" 337.000 sensori. Ciononostante il confronto più significativo va fatto con la pellicola per permettere gli stessi ingrandimenti dei "particolari" di una fotografia. E solo recentemente i sensori hanno raggiunto, a costi accettabili, una definizione paragonabile a quella della pellicola.

I successivi processamenti dei dati fotografici applicati dai diversi costruttori di macchine fotografiche e così pure le elaborazioni con i programmi di fotoritocco portano, come già è stato accennato in precedenza, a quello che noi "vogliamo vedere" in termini di resa e saturazione cromatica e non corrispondono sempre alla realtà oggettiva.

Nel campo *prosumer*, le due grandi famiglie di sensori (CCD e CMOS) stanno man mano avvicinandosi come caratteristiche ed i secondi

Segmenti di mercato	Tipi di sensore	Risoluzione sensore	Ottica	Prestazioni	Range di costo
DSC Low-End	CCD Bayer Size 5.76 × 4.29 mm 3 μm pixel size	3-5 Mpixel	35 mm (equivalente) Optical zoom 3-4x	AF-TTL 5-Points VGA video Multi-Shot 1.5 FPS	< 200 \$
DSC High-End	CCD Bayer Size 7.6 × 5.7 mm 5 μm pixel size	5-12 Mpixel	35 mm (equivalente) Optical zoom 3-4x	AF-TTL 9-points XGA video Multi-Shot 2.5 FPS Image Stabilisation Face Tracking	300-500 \$
SLR Low-End	CCD / CMOS Bayer Size: 18 × 13.5 mm - - 23.7 × 15.5 mm 5.7 μm pixel size	10 Mpixel	Separate Optics (optical stabilisation)	AF Multi-Basis TTL, 9-p Advanced AWB & AEC Multi-Shot 3 FPS - RAW Sensor Dust Removal Low Noise	< 1.000 \$
SLR High-End	CMOS Bayer/ Multi-Layer Full size: 36 × 24 mm 6.4 μm pixel size	21 Mpixel	Separate Optics (Optical Stabilisation)	AF Multi-Basis, 45-P Advanced AWB & AEC Multi-Shot 8.5 FPS-RAW Cleaning System FULL Params Control Very Low Noise Wireless Connection	1.000-9.000 \$

Segmenti: DSC: "Digital Still Camera" - SLR: "Single Lens Reflex" - Low End: fascia bassa; High End: fascia alta  
Altri nomil: Bayer (vedi paragrafo 5.3); AF-TTL: "Auto Focus Through The Lens"; AWB: "Automatic White Balance"

**TABELLA 1**

Confronto di caratteristiche e costi nel mercato delle fotocamere digitali

permettono di trapiantare a costi minori ed ad una migliore integrazione monolitica.

Interessanti da seguire l'evoluzione del **sensore Foveon** che maggiormente assomiglia all'occhio umano, anche se ha ancora problemi di passaggio della luce attraverso gli strati di silicio.

Sempre nell'interessante segmento del mercato *prosumer* delle fotocamere sono molto interessanti le ottiche compatte e leggere che si riescono a realizzare, nate a seguito della introduzione dei sensori che normalmente hanno una minor dimensione rispetto al fotogramma della pellicola, anche se tali ottiche rimangono inferiori a quelle intercambiabili.

Nella tabella 1 è riportato un confronto delle caratteristiche di diversi segmenti di mercato delle moderne fotocamere digitali per avere un quadro comparativo delle prestazioni attuali (dimensioni, consumo, costo...).

Dal **punto di vista del mercato**, impressionante è la crescita della penetrazione dei sensori di immagine nel mercato dei *camera phones* con possibilità di acquisire foto e video. Si vuole foto-

grafare ogni attimo della nostra vita e della vita di tutti in tempo reale. Si vive nella civiltà dell'immagine reale, ma il rischio è di non immaginare più nulla e di vedere solo quello che telefoni o macchine fotografiche registrano.

A seguito dell'evoluzione della tecnologia, anche la macchina fotografica "seria" sta diventando un prodotto di consumo ad obsolescenza rapidissima, a causa dell'introduzione di sempre maggiori risoluzioni ed ad altre diverse funzionalità (panorama, riduzione occhi rossi, *antishake* ecc.).

Tutto ciò può lasciare disorientato il consumatore e solo una buona conoscenza della tecnologia delle fotocamere digitali e delle proprie esigenze (in termini di risoluzione e funzionalità) permette di fare delle scelte oculute ed oggettive.

La fotografia digitale offre anche immense possibilità che però non vengono ancora sfruttate nella maggioranza dei casi perché è tuttora limitato il numero di persone che, pur essendo i programmi *software* da impiegare assai *friendly*, si dedicano alla successiva fa-

se della elaborazione che è importante per creare un'immagine.

A tale proposito, si può infine aggiungere una considerazione sulla fotografia artistica in quanto la moderna tecnologia ICT di procesamiento delle immagini offre possibilità che la fotografia analogica non offriva. Ora il fotografo, attraverso il fotoritocco, ha la possibilità di creare immagini intervenendo sul cromatico, l'inquadratura, la saturazione dei

colori, il contrasto e realizzando così quello che la sua cultura, le sue emozioni, la sua visione degli eventi e delle situazioni gli suggeriscono. Può abbandonare vecchi schemi mettendosi continuamente in discussione e sperimentare nuove strade.

Dal complesso di queste brevi considerazioni conclusive si può pertanto affermare che la fotografia digitale è una vera rivoluzione anziché una semplice evoluzione.

## APPENDICE 1

### Color matching

Un osservatore, con un sistema visivo che rientra nella media, percepisce la stessa sensazione di colore (*color match*) guardando un colore di test oppure la somma di tre colori primari opportunamente dosati. Questa corrispondenza esiste anche per colori monocromatici caratterizzati da una specifica lunghezza d'onda.

In ogni caso i tre primari possono essere monocromatici, come è il caso della figura A1.1, o caratterizzati da un loro spettro, e vengono fissati dal CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*), come richiamato nella successiva **Appendice 2**.

Sperimentalmente, in un banco di prova con più osservatori, è stata valutata l'equivalenza di una luce di test monocromatica con la somma pesata di tre primari Rosso, Verde e Blu (Figura A1.1). Il valore medio delle sensazioni degli osservatori sulle pesature dà luogo, in funzione della lunghezza d'onda del colore di test, a tre curve definite "**Color Matching Function**".

Le funzioni  $r(\lambda)$ ,  $g(\lambda)$ ,  $b(\lambda)$  misurano i cosiddetti **valori** (o **componenti**) di **tristimolo** dei primari che realizzano l'equivalenza con il colore di test per ciascuna lunghezza d'onda esaminata. Valori negativi delle "**Color Matching Function**" equivalgono a dire che non esiste, per quel campo di valori di lunghezza d'onda, un'equivalenza tricromatica nel senso fisico della parola, ma una delle luci primarie va sommata alla luce di riferimento per ottenere l'equivalenza percettiva (cfr. eq. (1) e (2) del testo che riassumono le leggi di Grassman). Conseguenza di ciò è che non tutti i possibili colori possono essere rappresentati a partire da un set di tre soli primari.

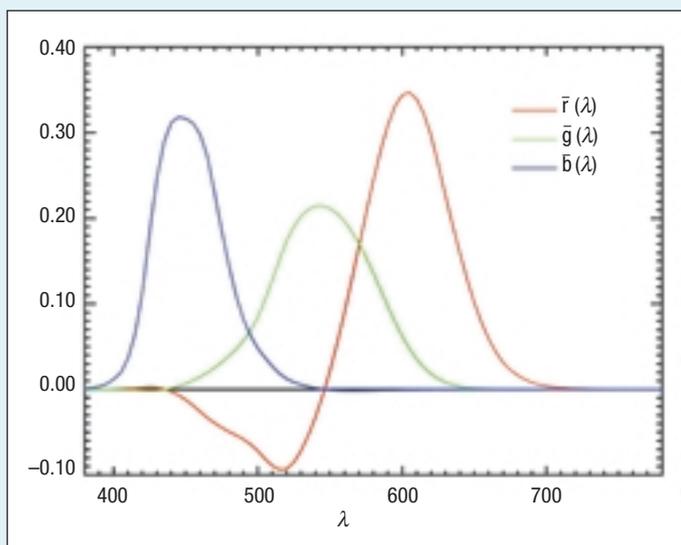


Figura A1.1 In questa figura le "Color Matching Functions" rappresentano, sull'asse delle ordinate, le entità ("valori di tristimolo") di tre luci primarie monocromatiche (Rosso, Verde e Blu con lunghezze d'onda standardizzate rispettivamente di 700, 546 e 436 nm) necessarie per l'equivalenza ad un colore di test monocromatico la cui lunghezza d'onda  $\lambda$  è quella indicata nella scala delle ascisse. Valori negativi di una delle curve di tristimolo indicano la necessità di aggiungere il relativo primario al colore di test per avere l'equivalenza. Le tre curve di questa figura (denominate "CIE-1931-RGB Color Matching Functions") sono normalizzate in modo da avere tutte e tre la stessa area.

## APPENDICE 2

### Spazi cromatici

Le curve indicate nella figura A1.1 dell'Appendice 1, caratterizzate da primari monocromatici alle lunghezze d'onda di 700 nm (rosso), 546.1 nm (verde) e 435.8 nm (blu), sono quelle storiche derivate dagli esperimenti di D. Wright e J. Guild alla fine degli anni '20 e recepiti in ambito CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*) nel 1931 con il nome di "Color Matching Function CIE-1931-RGB". Questo spazio, anche se non è in grado di rappresentare tutti i colori, ha un **gamut sufficientemente esteso**.

Esistono molteplici spazi cromatici in cui poter rappresentare le informazioni di cromaticità, ciascuno dei quali possiede proprie peculiarità.

Oltre lo spazio CIE-1931-RGB, è significativo ricordare lo **spazio sRGB**, leggera modifica dello spazio precedente, utilizzato attualmente per rappresentare i colori associati alle immagini acquisite dalle moderne **fotocamere digitali** in cui l'illuminante di riferimento è il D65 (luce bianca di riferimento definita dal CIE per rappresentare la luce solare indiretta) e che include una correzione gamma delle componenti di colore per favorire un *rendering* sui monitor che sono dispositivi di riproduzione fortemente non-lineari. Il gamut è sufficiente ampio e questo spazio è diventato uno standard de-facto (la s di sRGB sta per standard) per le fotocamere digitali con presentazione delle immagini su monitor da computer.

La rappresentazione di tutti i colori è invece raggiunta nello spazio C.I.E. XYZ derivato matematicamente da quello visto in precedenza e che, tuttavia, possiede dei primari non fisicamente realizzabili. Poiché lo scopo era quello di un metodo di rappresentazione matematica efficace per tutti i colori, questo limite non deve preoccupare più di tanto.

In generale il passaggio fra uno spazio di colore ed un altro avviene attraverso una trasformazione lineare (moltiplicazione del vettore a tre dimensioni che rappresenta un colore per una matrice  $3 \times 3$  opportunamente definita).

Quando si vogliono rappresentare i colori in uno spazio che sia indipendente dal particolare dispositivo di acquisizione o restituzione si fa in genere riferimento al cosiddetto spazio XYZ. Al contrario di quanto accaduto per la definizione delle *Color Matching Function* (CMF) nel sistema RGB, le CMF dello spazio XYZ (riportate nella Figura A2.1) non sono state individuate tramite esperimenti psicovisivi bensì attraverso una trasformazione delle corrispondenti curve del sistema RGB misurate nel 1931. La trasformazione utilizzata è stata individuata, andando alla ricerca di primari che potessero soddisfare alle seguenti condizioni:

**a)** fare in modo che le *Color Matching Function* XYZ non avessero valori negativi, caratteristica necessaria per soddisfare il requisito di riproducibilità di tutta la gamma dei colori nella fascia del visibile;

**b)** valore di tristimolo Y scelto in modo tale da essere equivalente alla luminanza del colore rispetto cui ottenere equivalenza visiva;

**c)** coordinate del bianco equienergetico nel **triangolo dei colori** (vedi dopo Figura A2.2) pari ad  $1/3$  per le tre coordinate.

È possibile rappresentare le informazioni contenute nei valori di tristimolo XYZ in maniera non assoluta, ma normalizzate in un campo di valori che va da 0 a 1, utilizzando le coordinate cromatiche (o coefficienti di tristimolo)  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Queste ultime sono legate ai valori assoluti delle componenti di tristimolo tramite le seguenti relazioni:

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$

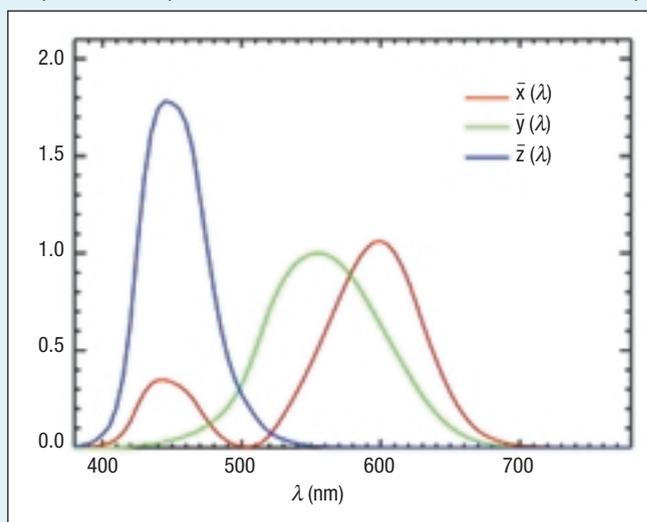


Figura A2.1 "Color Matching Functions" per i primari CIE-XYZ (non fisicamente realizzabili)

Dalle precedenti relazioni segue che:

$$x + y + z = 1$$

Si noti che poiché la somma di questi coefficienti vale 1, sono sufficienti due di essi, per esempio,  $x$  e  $y$ , per definire una luce monocromatica, in quanto il terzo si ricava per complemento a 1.

Poiché le coordinate di cromaticità risultano linearmente dipendenti, dallo spazio  $(x, y, z)$  non si è in grado di risalire alle coordinate  $(X, Y, Z)$ . Per questa ragione si considera equivalente al sistema di riferimento XYZ quello costituito dalla luminanza  $Y$  e da due coordinate di cromaticità, in particolare  $x$  e  $y$  (CIE- $xyY$ ). In questo modo si tende a separare l'informazione di intensità (luminanza) rispetto alle informazioni di colore (cromaticità). Nella figura A2.2 è rappresentato il diagramma di cromaticità, denominato triangolo dei colori, ottenuto considerando le sole coordinate  $(x, y)$ .

La linea curva superiore è nota con il nome di *spectrum locus* e rappresenta il luogo dei punti di  $x$  e  $y$  corrispondenti a **luci monocromatiche pure** (righe spettrali). La linea retta tracciata alla base del "ferro di cavallo" rappresenta invece i valori  $x, y$  corrispondenti a qualunque combinazione tra 0 e 100% del rosso e del blu. Questa linea viene definita la purple line dal momento che lo stimolo ottenuto è di varie gradazioni del colore purpureo.

**Tutti i colori sono rappresentabili come punti interni allo "spectrum locus"** e la zona centrale rappresenta il bianco. La posizione di ogni punto (colore) sulla retta che lo congiunge con il bianco puro rispetto all'intersezione con la curva dà la **saturazione** del colore considerato, mentre le variazioni angolari del fascio di rette che partono dal bianco dà la variazione di **tinta**. Per la rappresentazione dell'intensità del colore occorrerebbe sfruttare anche la terza dimensione.

Tutti i colori visibili hanno nello spazio  $xy$  una rappresentazione che cade all'interno dell'area definita dallo *spectrum locus* e dalla *purple line*. Nello spazio  $xy$  sono rappresentate le informazioni cromatiche associate ad un particolare colore, mentre le informazioni di intensità sono associate a  $Y$ .

Per le fotocamere digitali, nel caso di utilizzo del sistema di primari RGB, già menzionato poco sopra, la rappresentazione del **"gamut" del sistema** nello spazio  $xy$  è descrivibile unendo i valori di lunghezza d'onda di tali primari che danno luogo al **triangolo con linea continua** della figura A2.2.

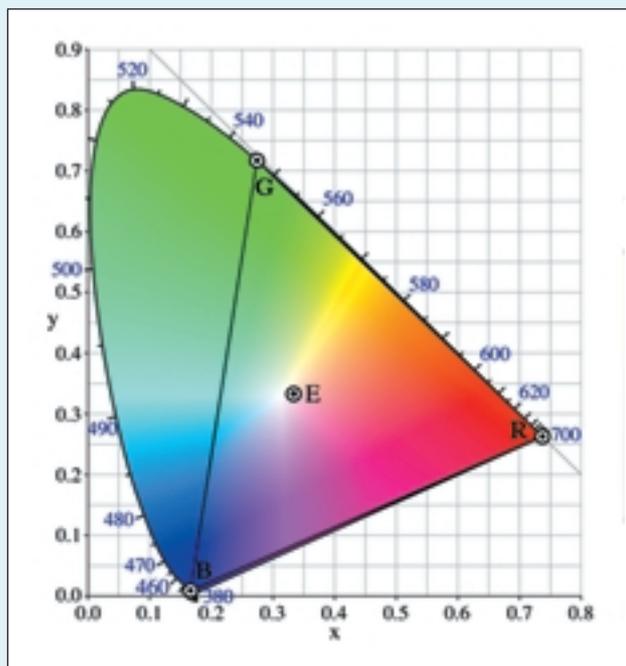


Figura A2.2 Triangolo dei colori nello spazio  $x, y$  (spectrum locus) con E punto del bianco.

La linea curva, a ferro di cavallo, soprastante il segmento B-R rappresenta i colori monocromatici puri, mentre il segmento B-R (detto "purple line") rappresenta tutte le combinazioni del Rosso e del Blu. I vertici del triangolo RGB rappresentano i primari CIE-1931. L'area interna al triangolo rappresenta il "gamut" dei colori riproducibili con tali primari. Il punto E è la rappresentazione del bianco puro. Il diagramma mostra come colori monocromatici nell'intervallo 440-550 nm non sono riproducibili in tricromia in quanto esterni "al gamut" del sistema di primari RGB scelti (come risulta anche da Figura A1.1)

## Bibliografia

### Sulla colorimetria:

- [1] Hunt R.W.G.: *Measuring Color*. Fountain Pr Ltd; 3-rd edition, 2001.
- [2] Wyszecki G., Stiles W.S.: *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*. Wiley-Interscience - 2-nd edition, 2000.
- [3] IEEE Signal Processing Magazine: *Special Issue on Color Image Processing*. January 2005.

### Sui sensori:

- [5] Litwiller Dave: *CCD vs. CMOS: facts and fiction*. Photonics Spectra, January 2001.

### Sul processamento dei colori nelle fotocamere digitali:

- [6] Gunturk B.K., Glotzback J., Altunbasak Y., Schaffer R.W., Mercerau R.M.: *Demosaicing: Color Filter Array Interpolation*. IEEE Signal Processing Magazine, January 2005.

### Sui vari tipi di processamento nelle fotocamere digitali:

- [7] Kawamura S.: *Capturing Images with Digital Still Cameras*. IEEE Micro, December 1998.
- [8] AAVV: *Image Processing for Digital Still Camera*. ST Journal of System Research, Dec. 2001.

MASSIMO MANCUSO, laureato con lode in Ingegneria Elettronica all'Università di Palermo nel 1990. Inizia la carriera professionale al COMILITER (Consorzio per la Ricerca Microelettronica nel Mezzogiorno) occupandosi di elaborazione di immagini. Dal 1994 è in STMicroelectronics con responsabilità sulla definizione di metodologie ed architetture per i dispositivi di cattura d'immagini. Dal 2004, operando nella sede di Agrate di STM, è Direttore del Team di Ricerca su "Imaging Rendering and Human Machine Interaction" nel Gruppo "Advanced System Technology".

È autore di diversi brevetti ed articoli nel campo dell'Image -Video Processing.

E-mail: massimo.mancuso@st.com

STEFANO TUBARO è Professore Straordinario di Telecomunicazioni presso il Dipartimento di Elettronica e Informazione del Politecnico di Milano (DEI-PoliMi). Svolge attività di ricerca nell'ambito dell'elaborazione numerica dei segnali, in particolare mono e bidimensionali (audio ed immagini).

Coordina le attività del gruppo ISPG (*Image and Sound Processing Group*) presso il DEI-PoliMi e partecipa (anche in veste di coordinatore) a numerosi progetti di ricerca finanziati dal Governo Italiano, dalla Commissione Europea e da enti industriali.

Autore di più di 200 contributi a congressi e riviste internazionali e di numerosi brevetti.

E-mail: stefano.tubaro@elet.polimi.it

GUIDO VANNUCCHI, laurea in Ingegneria Industriale all'Università di Bologna nel 1958, "Master Science EE" alla Stanford University nel 1963, Libera Docenza in Comunicazioni Elettriche nel 1971.

Direttore Generale Telettra dal 1983 al 1990, "Senior Consultant" di Olivetti Telemidia, Vice Direttore Generale della RAI dal 1996 al 1998. Attualmente Docente al Politecnico di Milano di "Architetture per reti e sistemi multiservizio" e Presidente Associazione AEIT.

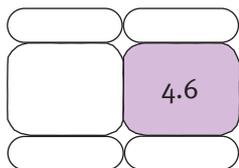
Laurea "ad honorem" in Ingegneria delle Telecomunicazioni, conferita dall'Università di Padova nel 1998, per i contributi scientifici e manageriali nel campo della trasmissione dei segnali.

E-mail: guido.vannucchi@fastwebnet.it



# ICT PERVASIVA LA DOMOTICA

Renato Zaccaria



La domotica è una disciplina in continua evoluzione che ha come scopo automatizzare edifici e abitazioni. Accanto ad una tradizionale e matura tecnologia impiantistica, la domotica tende ad utilizzare nuove tecnologie per una spinta all'integrazione di apparati domestici e per superiori livelli di comfort e sicurezza. Nel futuro, la domotica si sposerà con l' Ambient Intelligence, (interconnessione wireless di tutti gli apparati elettronici e microelettronici, intelligenza artificiale) al fine di realizzare case intelligenti che anticipino i bisogni delle persone per soddisfarne le richieste.

## 1. INTRODUZIONE

La domotica è una sintesi di diverse discipline tecnico-scientifiche del settore ICT applicate all'automazione degli edifici, per due scopi fondamentali: rendere gli edifici più facilmente utilizzabili, confortevoli, economici nella gestione, e fornire servizi nuovi nei campi della sicurezza, dell'affidabilità, della comunicazione e della diagnosi dei guasti. In altre parole, la domotica migliora le funzionalità tradizionali di un edificio e ne fornisce nuove, basate su concetti di automazione, elettronica e informatica [1]. Per esempio, se è possibile rendere più semplice, più economico e più efficace l'impianto tradizionale di riscaldamento, è anche possibile, con opportune tecnologie domotiche, aggiungere funzionalità ad un appartamento affinché una persona con limitata autonomia possa vivere bene senza necessità della continua presenza di un assistente. Il primo compito che la domotica assolve è il controllo (nel significato di "regolazione"), ottenuto connettendo fra loro e con un calcolatore centrale numerosi dispositivi sparsi in un

edificio, anche molto grande, distanti fino a migliaia di metri.

Il termine domotica è un neologismo derivato dal francese *domotique*, a sua volta contrazione della parola latina *domus* (casa) e del sostantivo *informatique*. Le discipline fondanti della domotica sono: l'informatica, l'elettronica e le comunicazioni digitali. Gli aspetti teorici di automazione e controllo – tipici di applicazioni industriali – sono invece piuttosto trascurabili, perché i processi da controllare sono in genere molto semplici: luci, clima, porte, dispositivi elettronici, sicurezza. Ciò che non è semplice, invece, è l'interconnessione fra gli svariati sottosistemi coinvolti e la programmazione dei numerosi processori di controllo e supervisione (che possono essere anche migliaia in un grande complesso). Vi sono altri termini con cui la domotica è conosciuta: *home automation* (automazione domestica), *smart home* (casa intelligente), *building automation* (automazione di edificio), e altri. Sono tutti più o meno sinonimi di domotica, con qualche differenza che cercheremo di spiegare.

L'esempio più classico di automazione di edificio è il condizionamento dell'aria, che non a caso segna le origini della domotica. Il microclima di un grande edificio (per esempio, un centro commerciale o direzionale) dipende dall'esposizione di ogni singolo locale, dalla diversa presenza di persone e di macchine e dalla tipologia di stanze. Per ottenere un buon comfort è necessario far arrivare aria calda o fredda in modo differenziato nelle varie zone, regolando temperatura ed efflusso grazie a servomeccanismi e ai sensori presenti. Inoltre, è necessario regolare i gruppi generatori di caldo e freddo in modo da ottimizzare i consumi, o attivare gruppi di riserva. Tutto il funzionamento deve infine essere monitorato – assieme agli altri sistemi automatici dell'edificio – da una sala di controllo, sollevando gli appropriati allarmi. Un sistema simile può inglobare migliaia fra sensori di temperatura e umidità (interni ed esterni), sensori di presenza di persone, sensori di consumo energetico, attuatori per le portate di aria, pompe, gruppi generatori ecc.. Il collegamento fra questi dispositivi è reso possibile da una rete di comunicazione specifica per la domotica (che proprio dalla rete ottiene oggi la sua più importante caratterizzazione tecnologica), con una interconnessione alla rete locale, alla quale sono collegati i computer della sala di controllo, e a internet per interventi remoti. Un opportuno software presenta quadri sinottici agli operatori, permette interventi manuali e genera i parametri di regolazione di tutto il sistema. Ogni sensore e ogni dispositivo di attuazione della rete domotica è oggi un microcontrollore a basso costo, che provvede ad azioni standard coordinate con gli altri, o può essere programmato per eseguire procedure locali specifiche, di regolazione, acquisizione dati, o di allarme.

Oltre al clima, sistemi simili regolano, controllano e coordinano altri grandi servizi: illuminazione e risparmio energetico, controllo di presenza delle persone, ascensori, prevenzione incendi, apertura e chiusura porte, semplici comunicazioni vocali (avvisi, citofoni) ecc.. Questi sono i servizi che sono stati definiti più sopra "tradizionali" o di base, a cui la tecnologia domotica fornisce una mi-

glior efficacia a costi più bassi e rappresentano il settore dei grandi edifici o dei grandi complessi edilizi in genere (il telecontrollo dei contatori di energia elettrica domestica avviene oggi utilizzando una rete domotica, gestita dal fornitore di energia, che usa la rete elettrica come rete dati).

In questo articolo descriviamo alcuni fra gli aspetti più significativi della Domotica, che è oggi in prossimità del suo secondo salto generazionale.

Nel paragrafo "Dal presente al futuro", descriveremo l'evoluzione della Domotica tradizionale verso nuovi scenari applicativi usando le nuove tecnologie microelettroniche e le reti senza fili. Tale evoluzione è appena iniziata ma sarà importante perché unifierà probabilmente le tecnologie dell'Informatica Personale con quelle domotiche, oggi distinte. Lo scenario che descriveremo sarà quello della cosiddetta Ambient Intelligence. Sarà una Domotica sempre più orientata alla singola abitazione e al collegamento, prossimo o remoto ma comunque mobile, fra l'abitante e la sua casa.

Nel terzo paragrafo "Dal passato al presente", ripercorreremo le tappe che hanno portato alla Domotica attuale, introducendo un po' più nel dettaglio gli aspetti tecnologici e descrivendo in particolare l'aspetto più importante e specifico: il bus domotico, ovvero il sistema di interconnessione dei dispositivi elettronici e informatici.

Il tipo di bus domotico rappresenta la scelta tecnologica più significativa, attorno alla quale ruotano le altre tecnologie, i marchi proprietari, i costi, l'interoperabilità e così via. Ieri come oggi la tecnologia e lo standard di comunicazione e interconnessione sono i concetti base di tutta la Domotica; lo stesso avverrà domani, a maggior ragione, nell'era dell'Ambient Intelligence. Per questo i paragrafi 4, 5 e 6 descriveranno rispettivamente le caratteristiche dei bus domotici tradizionali, gli standard wired attuali e quelli wireless (prevalentemente futuri).

Nell'ultimo paragrafo discuteremo, fra i molti possibili, un settore di applicazione della Domotica e dell'Ambient Intelligence che merita una particolare attenzione. Esso riguarda la vita di persone a ridotta indipendenza, come gli anziani e i disabili, che dalla

Domotica possono trarre sostanziali benefici. Nei Paesi ad alto tenore di vita, una vasta percentuale di popolazione potrebbe condurre una vita sicura e ad elevata indipendenza se la propria casa fosse controllata e assistita da un sistema domotico di nuova generazione.

## 2. DAL PRESENTE AL FUTURO

Una tendenza della domotica è quella di rivolgersi sempre più a piccole unità immobiliari, come la casa unifamiliare e l'appartamento. Questa tendenza è alimentata dalla diffusione dell'informatica domestica (un collegamento a banda larga, una rete locale e diversi PC) e dalla diminuzione dei costi dei dispositivi domotici. La domotica si sta quindi riappropriando del suo significato etimologico di "home automation" per creare "smart houses", rispetto al più vasto campo commerciale tradizionale della "building automation".

I servizi aggiuntivi a livello "home" possono sembrare più appartenenti al lusso che all'efficienza o al risparmio, ciò nondimeno fanno parte dell'inarrestabile innalzamento degli standard abitativi e delle abitudini di vita nei paesi industrializzati, spinto più dal mercato che da esigenze obiettive (basta pensare alla diffusione del telefono cellulare, del videotelefono, del lettore multimediale portatile ecc.). In una "casa intelligente" è, o sarà, possibile per esempio adattare l'illuminazione alla presenza delle persone e all'ora del giorno, azionare i serramenti e le porte, controllare elettrodomestici da remoto, avere un accurato controllo delle intrusioni, coordinare audio e video con telecomandi e con l'illuminazione, eliminare automaticamente il ghiaccio dal tetto o dagli scalini; allo stesso modo sarà possibile gestire sistemi di risparmio energetico o cogenerazione (ad esempio pannelli solari) adattando i consumi in modo opportuno.

Anche se la tecnologia domotica attuale è più orientata all'edificio che alla casa, il fascino per un sofisticato livello di automazione domestico è testimoniato dalla numerosità di case sperimentali o amatoriali (per non parlare della mitica casa di *Bill Gates*) dotate di automatismi di ogni particolare controlla-

bile dell'ambiente e degli apparati domestici. In realtà gli standard tecnologici tipici della domotica oggi faticano a realizzare così pervasivi livelli di automazione; non per incapacità di interconnettere dispositivi, né per mancanza di gadget elettronici, bensì per limitatezza nella banda trasmissiva e nelle connessioni mobili (si veda nel seguito la descrizione degli standard attuali).

Nella casa intelligente futura, infatti, saranno presenti flussi multimediali (quindi a larga banda) assieme alle comunicazioni semplicissime che servono solo ad accendere una luce. La casa dovrà accogliere un suo abitante in arrivo riconoscendolo già sulle scale (lo stesso ascensore lo avrà portato al piano giusto senza premere alcun pulsante), facendogli trovare la musica preferita con la giusta combinazione di luci; secondo le sue abitudini lo "precederà" in bagno, o gli accenderà lo schermo sulla parete all'ora del notiziario; riceverà dal suo palmare i documenti annotati della giornata e i messaggi da inviare automaticamente; aprirà le finestre con un comando vocale, predisporrà la lista della spesa per rimpiangere la scorta nel frigorifero di cui conosce entità e scadenze per lettura diretta delle etichette dei cibi ecc..

In questo esempio sono contenute le richieste tecnologiche della domotica prossima futura: larga banda, collegamento wireless e intelligenza distribuita capace di riconoscere e agire in anticipo (o, come si dice, di esibire un comportamento *proattivo*). Queste tecniche unite all'idea di distribuire nell'ambiente un numero elevato di sensori di tecnologia micro- (o addirittura nano-) elettronica, danno origine a quello scenario che da alcuni anni è indicato come Ambient Intelligence, o Ambiente Intelligente, o Intelligenza di Ambiente [2]. Negli esempi di case altamente automatizzate oggi realizzate, le reti domotiche standard sono affiancate da collegamenti a larga banda wireless e PC i quali "soccrono" l'insufficienza degli standard domotici attuali.

L'Ambient Intelligence prevede l'esistenza di una molteplicità di piccoli sensori intelligenti in rete, in grado di comprendere e riconoscere (tramite tecniche di Intelligenza Artificiale) caratteristiche significative del-

l'ambiente, quali pericoli, bisogni, richieste che possono essere anticipate, e in grado di risolvere autonomamente tali problemi tramite opportune strategie, prima ancora che una richiesta specifica venga rivolta da un essere umano. L'Ambient Intelligence è un campo di ricerca e sviluppo basato su tre componenti fondamentali: la microelettronica dei dispositivi sensoriali, l'infrastruttura pervasiva di comunicazione wireless, e il software intelligente distribuito. La domotica attuale si basa su concetti simili, usando però una generazione tecnologica precedente, come mostrato dalla tabella 1.

La domotica usa prevalentemente un sistema a bus per l'interconnessione dei suoi dispositivi elettronici (anche se stanno iniziando a diffondersi connessioni wireless di vario tipo); usa normali tecnologie elettroniche, paragonabili a quelle dell'elettronica industriale (simili ai PLC); la programmazione dei singoli dispositivi (per sensori e per attuatori) è a livello microprocessore o microcontrollore. L'Ambient Intelligence si basa sull'uso di una comunicazione wireless ad alta connettività e dinamica (per esempio zigbee), e punta alla realizzazione di numerosi microcontrollori (prevalentemente per interfacciare sensori) di dimensione piccolissima.

Non vi è quindi una differenza di principio tra domotica e Ambiente Intelligence. Anzi, un'evoluzione della prima verso la seconda è del tutto prevedibile. La grande differenza di prospettiva sta, al momento, nel fatto che l'Ambient Intelligence si ripromette di riconoscere, comprendere e decidere comportamenti automatici di alto livello, grazie alla grande quantità di informazioni ottenibili dalla rete di sensori, e alle tecniche di Intelligenza Artificiale con cui si pensa di programmare i numerosi processori. Al contrario, la domotica "si accontenta" (per ora!) di interconnettere una molteplicità di dispositivi tradizionali diversi mediante tecnologie mature che permettono l'automazione delle parti degli edifici che altrimenti andrebbero operate manualmente (o non potrebbero esserlo per ragioni di complessità e dimensioni). Man mano che la ricerca avrà esiti trasferibili all'industria, si assisterà ad una nuova generazione di sistemi domotici dalle

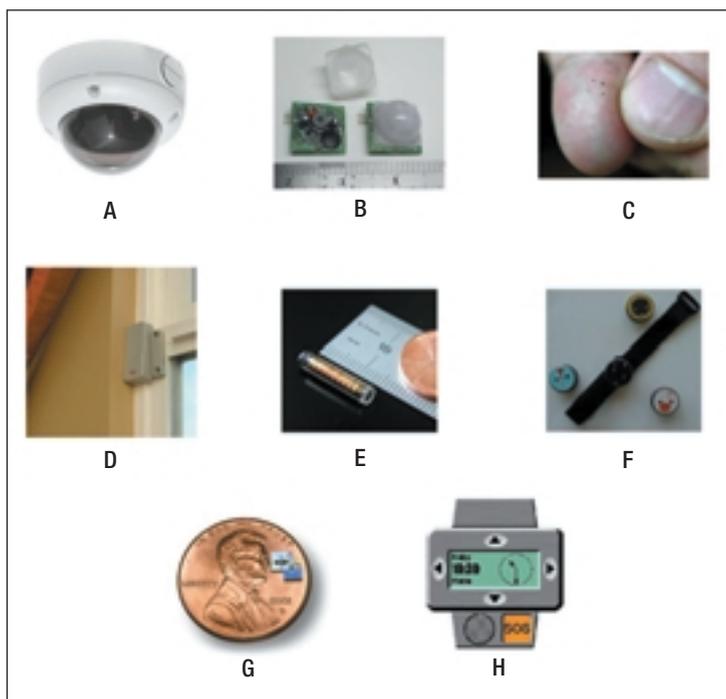
Componente	Domotica	Ambient Intelligence
Comunicazione	bus	wireless
Elettronica	tradizionale	micro/nano
Programmazione dei dispositivi	microprocessore	microprocessore, intelligenza artificiale

**TABELLA 1**

*Le tecnologie impiegate in Domotica e in Ambient Intelligence*

impressionanti capacità, così come la domotica attuale ha sostituito, a partire dagli anni '50, le semplici generazioni di automatismi precedenti (Figura 1).

Si può infatti classificare l'evoluzione della domotica in tre fasi, o generazioni. Nella prima, dalle origini, ha prevalso l'elettronica come tecnologia in grado di realizzare sistemi di controllo centralizzato per moltissimi dispositivi sparsi in un complesso di edifici:



**FIGURA 1**

*Sensori fra Domotica e Ambient Intelligence*

*A - Telecamera dome da soffitto; B - Sensore di luce; C Nanosensori (smart dust) sui polpastrelli; D - Sensore tradizionale di effrazione per finestra; E - Sensore impiantabile per vari parametri di flusso sanguigno; F - Sensori indossabili per il movimento, temperatura, postura eccetera; G - Nanosensore su una moneta; H - Design di un sensore da polso per i parametri posturali e biologici, per il telecomando e la richiesta di soccorso*  
*Esclusi A, B e D, tutti gli altri sensori sono wireless*





station operano la raccolta dati e il monitoraggio opportuno. La richiesta di servizi di tipo multimediale (voce, video) non si accorda bene con il livello "campo" dei bus domotici, nati per molte e semplici connessioni ma per piccole bande passanti. È questo un limite alla tecnologia attuale, che verrà probabilmente superato quando la domotica, come detto in precedenza, evolverà in *Ambient Intelligence* introducendo nuove tecnologie di interconnessione.

#### 4. I BUS DOMOTICI (LE RETI WIRED)

I bus domotici sono concettualmente analoghi ai *fieldbus* di livello 1 in automazione industriale, ma realizzano finalità e specifiche diverse.

##### □ **Velocità e real time**

Queste esigenze sono ridotte in domotica. Velocità tipiche dell'informatica "storica" (110 baud) sono ancora usate in sistemi semplici. Standard moderni (LonTalk) prevedono 70 kbit/s di base. I processi presenti negli edifici (compresa l'interfaccia con le persone) sono caratterizzati da bande passanti molto basse, e il margine di velocità dei bus domotici è usato in pratica solo per ottenere latenze basse.

##### □ **Impiantistica**

A differenza dell'ambiente di fabbrica, è cruciale che le spese di impianto siano molto ridotte. A questo si sacrificano altre caratteristiche, come la velocità. Per la stessa ragione si usano spesso onde convogliate e si guarda con interesse alle reti wifi. I bus di ultima generazione sono in realtà standard in grado di utilizzare mezzi trasmissivi diversi: oltre a uno o più tipi di cavo, onde convogliate, infrarossi, onde radio.

##### □ **Topologia**

Per la stessa ragione precedente, un bus domotico deve poter realizzare topologie complesse senza dispositivi di interconnessione inconsuete in informatica (ad albero per esempio). La rete deve potersi snodare lungo i percorsi interni degli edifici, anche su lunghezze notevoli (migliaia di metri) usando cavi di basso costo.

##### □ **Connessione a caldo**

Una esigenza molto importante, per consentire l'inserimento o l'eliminazione di dispositivi senza interrompere il funzionamento del sistema.

##### □ **Numero di nodi**

Una rete domotica in un grande complesso (per esempio, un ospedale) può avere molte migliaia di nodi (in genere microcontrollori di diversa complessità: dal dispositivo all'interno di un normale cassetto dell'impianto elettrico per controllare le luci a un PLC che controlla un bruciatore, alla sonda di temperatura al sensore di allarme).

##### □ **Costo**

I componenti domotici devono avere costi non molto diversi da quelli di un impianto elettrico tradizionale. Solo poche tecnologie di larghissima diffusione (esempio, LON) arrivano a questo obiettivo senza ridurre drasticamente le prestazioni.

##### □ **Programmabilità**

I componenti domotici dovrebbero poter essere impiegati in modo "plug and play" per realizzare sistemi standard, ma anche ammettere una completa programmazione, possibilmente con linguaggi e ambienti *software* di alta produttività, se necessario.

##### □ **Interoperabilità e interconnessione**

Rispetto ai bus industriali sono usati pochi livelli, di solito due. Per questo è di solito sufficiente un sistema di interfaccia con ethernet e TCP/IP. Tutti i bus domotici offrono poi una elevata interoperabilità, in modo da consentire al massimo numero di produttori diversi di fornire dispositivi capaci di lavorare assieme.

#### 5. GLI STANDARD WIRED

##### □ **Ethernet**

Si tratta della rete più comune e più nota in informatica, è utilizzata innanzitutto per il livello superiore di automazione di edificio, quando un centro di supervisione, eventualmente remoto e connesso via internet, coordina molte reti basate su bus domotici specifici. Vari bus domotici che connettono

centinaia o migliaia di nodi attivi (microcontrollori) confluiscono nella rete locale in modo che il software di supervisione coordini e controlli i dati da e verso i sistemi. In alcuni casi lo stesso ethernet è usato per interconnettere i dispositivi periferici; tuttavia in genere i dispositivi domotici sono troppo semplici ed economici per usare ethernet come bus di interconnessione.

#### ❑ **X-10**

Già citato come il primo sistema per realizzare una rete domotica in senso moderno, ancora oggi ha una grossa fetta di mercato, nonostante la sua vetustà. Il suo pregio è l'uso di onde convogliate (*power line modem*), che evita il costo di impianto.

#### ❑ **CEBus**

Sviluppato dall'ente EIA americano nei primi anni '80, è il primo sistema moderno di rete domotica che consente una grande flessibilità nell'uso di mezzi trasmissivi diversi: cavi, onde radio o convogliate, trasmissione ottica.

#### ❑ **LON**

Subito dopo il CEBUs, Echelon, Motorola e Toshiba svilupparono quello che attualmente è il più versatile e diffuso standard, LON appunto (*Local Operative Network*), mentre LonWorks è il nome di una rete costruita su questo standard). Le caratteristiche vincenti di LON sono diverse:

- ❑ permette l'interconnessione dinamica di un grande numero di nodi (microcontrollori), circa 32.000;
- ❑ si basa su un economico microcontrollore (*NeuronChip*) che integra due processori dedicati alla comunicazione, che così è banalizzata;
- ❑ a livello di programmazione, si basa su di un modello astratto molto versatile e potente, che permette la condivisioni di variabili su tutta la rete, e comunicazioni multi-a-molti; permette una programmazione concorrente ad eventi a livello di singolo nodo e di rete;
- ❑ è indipendente dal mezzo trasmissivo, che – a tutto beneficio dell'impiantistica – può consistere in semplici doppini, cavi coassiali, wireless;
- ❑ ha velocità variabili che possono andare da pochi kbit/s (onde convogliate) ai Mbit/s

(doppino speciale), in modo del tutto trasparente per il software;

- ❑ il software di sviluppo e gestione di una rete è molto curato;
- ❑ l'interfaccia fra le reti LON e reti locali di workstation, Windows o Unix/Linux, è relativamente semplice.

LON è attualmente il più diffuso standard domotico, con molte migliaia di costruttori indipendenti che producono dispositivi e software compatibile, supervisionato dall'associazione LonMark. In Italia, interconnette tramite onde convogliate i nuovi contatori domestici ENEL.

#### ❑ **KNX (Konnex)**

È uno standard che emerge da precedenti standard europei di diversa diffusione (BCI, BATIBUS, EHS), utilizza anch'esso diversi mezzi per la realizzazione della rete (doppino, onde convogliate ecc.) e prevede intrinsecamente una connessione ad internet.

#### ❑ **HAVI**

Standard definito da molti grandi produttori di elettronica di consumo, orientato alla interconnessione a larga banda di dispositivi audio/video.

## **6. GLI STANDARD WIRELESS**

Per evolvere verso l'*Ambient Intelligence*, la domotica guarda con molto interesse agli standard per comunicazione wireless. Attualmente il collegamento senza fili è visto più come un mezzo per realizzare qualche particolare tratta che come "la" rete. Un edificio automatizzato richiede un sistema ad alta affidabilità e semplicità che ben si sposa con l'adozione di un impianto *wired* a bus. Una casa automatizzata richiede flessibilità e dinamicità (non necessariamente un'elevata affidabilità) che solo una *rete wireless* può fornire. Nel futuro la domotica andrà verso l'uso pervasivo di reti wireless. Già attualmente vi sono molti standard diversi, adottati in modo diverso dalla domotica.

#### ❑ **Power line modem**

Il più antico, invia sulla linea di alimentazione le comunicazioni digitali tramite modulazioni opportune. Fino a pochi anni fa, le ve-

locità disponibili erano molto basse, anche se compatibili con l'automazione di edificio standard: pochi kbit al secondo ma su distanze rispettabili. Oggi nuove tecnologie permettono velocità paragonabili a quelle del wi-fi (54 o 108 kbit/s) seppure su tratte di poche decine di metri.

#### ❑ **Irda**

Comunicazione tramite infrarossi, per realizzare brevi tratte senza fili o per telecomando. Si arriva a diversi Mbit/s, ma su distanze modeste (1 o 2 m) e solo in vista diretta.

#### ❑ **Wi-fi**

Di larghissima diffusione per il mobile computing, è raramente usato se non per singoli collegamenti a larga banda (audio/video) in domotica, perché non è attualmente collegabile a piccoli dispositivi (eccetto telecamere per sorveglianza) e fornisce, per usi correnti, una velocità fin eccessiva: 54 o 108 Mbit/s sono comuni. In un raggio di 100 m possono esser connessi tipicamente 32 nodi.

#### ❑ **Bluetooth**

Di banda inferiore al wi-fi, e quindi adatto a voce e dati, ha un consumo minore e una più semplice interfacciabilità del wi-fi. Tuttavia il suo esser "né carne né pesce" (non abbastanza veloce per multimedia, esuberante per una rete domotica) non lo favorisce negli impieghi attuali e futuri.

Le tecnologie di comunicazione wireless elencate sopra sono accomunate da una particolare limitazione: consumano parecchia energia. Considerato che scopo principale di un collegamento wireless in domotica è permettere collegamenti mobili (per esempio, fra un palmare o fra un sensore in giardino e la rete domotica), questa limitazione è molto forte in quanto impedisce l'uso di batterie per i dispositivi. Probabilmente questa è la ragione per cui queste tecnologie, benché mature e poco costose, hanno scarso impiego in domotica. Il salto generazionale si baserà probabilmente su due tecnologie emergenti per reti a basso consumo.

#### ❑ **Uwb (Ultra Wide Band)**

Un metodo di trasmissione radio che usa potenze bassissime su bande molto estese

e può arrivare a velocità di diversi Mbit/s. L'architettura WiMax (che dovrebbe portare su scala geografica la copertura internet per il *mobile computing*) si basa su questa tecnologia.

#### ❑ **Zigbee**

Forse il più promettente per la domotica, è un sistema per creare reti su una scala di 10 – 100 m, con molti nodi (fino a 255), con consumi bassissimi (una rete di sensori *zigbee* dovrebbe poter operare per qualche anno senza il cambio di batterie). Le caratteristiche dei protocolli permettono l'autoconfigurazione della una rete con la possibilità che i nodi intelligenti svolgano automaticamente le funzioni di router per collegare reti vicine. La banda di comunicazione non è elevata (da qualche decina a qualche centinaio di kbit/s), per cui *zigbee* è la rete *wireless* di eccellenza per sensori e dispositivi diffusi nell'ambiente. È probabile che sia proprio *zigbee* il candidato per sostituire i bus domotici attuali verso una domotica wireless, molto flessibile, con numerosissimi sensori e attuatori, con il collegamento di tutti gli elettrodomestici e dei calcolatori portatili, tutti in grado di entrare in rete solo avvicinandosi alla casa e con altrettanta facilità di abbandonarla, nella filosofia "*Ambient Intelligence*".

## **7. NON SOLO LUSO: SOSTEGNO ALLE FASCE DEBOLI**

Per concludere un discorso sulla domotica è indispensabile accennare ad un campo di applicazione particolare e importante. Il passato e il presente della domotica si focalizzano sul rendere più razionali ed economici i grossi complessi di edilizia civile: centri direzionali o commerciali, edifici pubblici, ospedali e così via. Il presente e il futuro si focalizzano sulla casa per arricchirla di comfort e di benessere. Ma la domotica ha anche un volto meno frivolo che potrebbe rappresentare il vero aspetto importante di questa branca multidisciplinare.

In tutti i Paesi ad alto tenore di vita si assiste al fenomeno dell'invecchiamento della popolazione, unito all'innalzamento dell'aspettativa di vita e al conseguente problema della

rendita pensionistica. Il numero di persone anziane con reddito medio-basso e con limitata indipendenza è in aumento e rappresenta un vero e proprio allarme sociale [4]. Il Regno Unito ha pionieristicamente affrontato questo problema fino dagli anni '80 con lo sviluppo di modelli socio-sanitari per la vita indipendente (independent living) di persone anziane e/o disabili. Lo scopo è quello di aiutare le persone "deboli" a vivere in casa propria in modo indipendente (ma sicuro e con una buona qualità di vita) senza gli insostenibili costi che derivano da una diffusa assistenza domiciliare.

In molti Paesi (in particolare nel nord Europa e nel Giappone) questo tipo di studio è stato sviluppato evidenziando il ruolo fondamentale che una *tecnologia assistiva* può avere. Naturalmente, agli anziani si sommano persone con qualche tipo di disabilità che produce simili problemi nella possibilità di vita indipendente.

La domotica avrà un ruolo chiave nel risolvere questo problema, in particolare nella sua evoluzione verso l'*Ambient Intelligence*. L'automazione attuale della casa fornisce innanzitutto il supporto "basale" della vita indipendente: azionare automaticamente finestre, luci, porte, climatizzazione, sedie e letti mobili e così via. Inoltre, anche una rete domotica standard può fornire molti punti di accesso alle chiamate di soccorso mediante telecomando o comandi vocali. L'uso degli standard attuali può spingersi anche un po' oltre, con connessioni vocali, interfacce verso chiamate telefoniche, azionamento di elettrodomestici, sensori di caduta. Abitazioni dotate di questo tipo di supporto sono state realizzate e studiate per verificarne l'efficacia e la risposta ai bisogni.

Un importante salto di qualità verrà realizzato con il passaggio a tecniche di *Ambient Intelligence*, con moti sensori distribuiti (e indossati), rete multimediale e tecniche di Intelligenza Artificiale per comprendere e prevedere i bisogni dell'abitante, prevenendo pericoli e diagnosticando situazioni in cui è necessario l'intervento di un operatore umano [2].

Un progetto del Parco Scientifico e Tecnologico Liguria, in fase di conclusione, sta realizzando una abitazione pilota con queste caratteristiche (progetto AURORA). La casa

utilizza bus domotici standard a cui si affianca una rete wi-fi per le comunicazioni a banda larga. I dispositivi "normali" (porte, clima ecc.) sono controllati dal bus domotico. L'abitante indossa sensori wireless che ne controllano la postura e, in cooperazione con telecamere in rete e sensori di presenza, diagnosticano situazioni di allerta: cadute, lunga immobilità, posture inconsuete ecc.. In questo caso un sistema cognitivo centralizzato ipotizza il pericolo e instaura un dialogo a voce con la persona. Se il dialogo induce la necessità di un soccorso, questo viene attivato. Il dialogo, come tutte le comunicazioni con la *casa intelligente*, avviene a voce tramite una figura animata (un *avatar*) su una parete. Sulla stessa postazione multimediale arrivano le videotelefonate, le comunicazioni Internet, la televisione, il videocitofono, i giornali, ogni gioco e passatempo, e ogni sorta di comunicazione, come il rammentare l'ora della medicina, comunicare con un amico in un'altra casa simile, controllare il conto in banca, ordinare la spesa. I sensori distribuiti nelle stanze, comprese le telecamere, danno informazioni al sistema cognitivo di supervisione che si rende *consapevole* dello stato di benessere dell'abitante. In futuro, il sistema cognitivo dovrebbe apprendere le abitudini dell'abitante e adattarsi ad esse, diminuendo i falsi allarmi, diventando meno invadente, aumentando il livello di sicurezza. Vi saranno, naturalmente, problemi etici da investigare e risolvere, ma non insormontabili. Si tratta di uno scenario realmente sostenibile, in quanto si basa su tecnologie standard, economiche, di larghissimo consumo, e non su tecnologie di nicchia (i classici ausili per disabili) che hanno costi necessariamente altissimi per la loro introduzione.

In diversi progetti internazionali si studia, infine, come una mirata robotizzazione domestica potrebbe contribuire al problema della vita indipendente. Sedia a ruote intelligente, girello robotizzato, letto con capacità di aiutare ad alzarsi in piedi e simili dispositivi potrebbero contribuire al benessere di una persona anziana o disabile in casa propria. Se i risultati di questi progetti saranno positivi, la sintesi fra robotizzazione e la domotica di



prossima generazione potrebbe realmente cambiare la qualità della vita per una enorme fascia della popolazione, oggi la più debole e indifesa. La domotica, accanto alle soluzioni per una casa fantascientifica e piena di effetti speciali, ha questa missione per il prossimo futuro, ed è una missione molto importante per tutti noi.

## Bibliografia

- [1] Quaranta Giuseppe G., Mongiovì Paolo: L'abc della domotica. *Il Sole 24 Ore*, Pirola, 2004, ISBN 8832452677.
- [2] Stanford V.: Using pervasive computing to deliver elder care. *Pervasive Computing IEEE*, Vol. 1, Issue 1, Jan-Mar 2002, p. 10-13.
- [3] ISTAG Scenarios for Ambient Intelligence in 2010 (<ftp://ftp.cordis.lu/pub/ist/docs/istag-scenarios2010.pdf>)
- [4] Various Studies on Policy Implications of Demographic Changes in National and Community Policies.  
 LOT7 - The Demographic Change – *Impacts of New Technologies and Information Society*. Final report August 2005, European Commission Employment and Social Affairs DG.
- Esistono numerosissimi portali web dedicati alla domotica; nella quasi totalità dei casi si tratta di siti commerciali, comunque molto interessanti. Si segnalano i seguenti che hanno caratteristiche anche culturali e di approfondimento:*

[www.domotica.it](http://www.domotica.it)

[www.domotics.com](http://www.domotics.com)

[dmoz.org/Computers/Home\\_Automation/](http://dmoz.org/Computers/Home_Automation/)

[www.domotica.ch](http://www.domotica.ch)

<http://www.microsoft.com/italy/windows/products/windowsxp/winxp/mediacenter/evaluation/articoli/domotica/default.mspx>

<http://www.hitech-projects.com/eu-projects/amigo/>

RENATO ZACCARIA è professore ordinario di Sistemi di Elaborazione dell'Informazione presso la Facoltà di Ingegneria di Genova, dove tiene i corsi di Sistemi Operativi 1 e Robotica 1. Insegna anche Fondamenti di Informatica presso il corso di laurea DAMS della Facoltà di Lettere e Filosofia. La sua attività di ricerca riguarda la Robotica (in particolare Service Robotics), Domotica e Ambient Intelligence per la vita indipendente di persone a ridotta autonomia.

E-mail: [renato.zaccaria@unige.it](mailto:renato.zaccaria@unige.it)