### POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria Gestionale e della Produzione

# Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

## Analisi dei requisiti e definizione delle linee guida per le HMI innovative 4.0 delle macchine automatiche di produzione



Relatore

Prof.ssa Eleonora Atzeni

Correlatore

Ing. Eugenio Alessandria

**Candidato** Paola Costa

A mio papà Luigi, a mia mamma Rosalda, a mio fratello Silvio.

"Se insisti e resisti, raggiungi e conquisti."

(Trilussa)

## Indice

Pre	messa	I
1.	Introduzione	1
1	Storia ed evoluzione delle HMI	1
2	Caratteristiche fondamentali	7
	WHAT	7
	WHO	8
	WHEN E WHY	9
	WHERE	10
	HOW	11
3	Riferimenti normativi	12
4	Mercato	14
2.	Principi teorici	17
1	Princìpi di Norman – I 6 princìpi fondamentali dell'interactive design	17
2	Euristiche di Nielsen	21
3	Le regole d'oro di Shneiderman	22
4	Usabilità	24
5	Progettazione orientata al sistema vs progettazione orientata all'utente	29
6	Approfondimento: l'evoluzione del ruolo del Project Manager con la metodologia Agile	32
7	Principi di "good practice"	54
8	Perché migliorare le HMI e come migliorarle?	58
9	Innovazione	59
1	0. Curve ad S	62
3.	Stato dell'arte e confronto con principi teorici	75
1	HMI in adozione	75
2	Approfondimento: robotica collaborativa	87
4.	Aspetti pratici	95
1	Interviste ad operatori	95
5.	Conclusioni	104
App	pendice I	107
App	pendice II	109
App	pendice III	111
App	pendice IV	112
Rin	graziamenti	117
Bib	liografia	119
Sito	grafia	121

# Indice delle figure

FIGURA 1 ESEMPIO DI SCHEDA PERFORATA	2
FIGURA 2 ESEMPIO DI COMMAND-LINE USER INTERFACE	3
FIGURA 3 RIVOLUZIONI INDUSTRIALI NELLA STORIA	6
FIGURA 4 SCHEMATIZZAZIONI INTERAZIONE UOMO-MACCHINA	7
FIGURA 5 INTERFACCIA CON REALTÀ AUMENTATA SU TABLET	12
FIGURA 6 SEGMENTAZIONE MERCATO HMI	15
FIGURA 7 INVESTIMENTI NEL MERCATO HMI DAL 2006 AL 2016	16
FIGURA 8 MODELLO DI NORMAN	20
FIGURA 9 CONCETTO DI USABILITÀ RAPPRESENTATO AD ALBERO	25
FIGURA 10 USABILITÀ	25
FIGURA 11 USABILITÀ	
FIGURA 12 FACILITÀ D'USO	
FIGURA 13 ATTIVITÀ DELLO USER-CENTERED DESIGN	31
FIGURA 14 PROGETTAZIONE ORIENTATA ALL'UTENTE	31
FIGURA 15 VIGNETTA RAFFIGURANTE LA DIFFICILE DEFINIZIONE ED	
ATTUAZIONE DEI REQUISITI	
FIGURA 16 FASI DEL MODELLO WATERFALL	
FIGURA 17 CICLO AGILE ADOTTATO PER OGNI DELIVERABLE	36
FIGURA 18 DIAGRAMMA A TORTA RAFFIGURANTE LE METODOLOGIE AGILE	
ADOTTATE	
FIGURA 19 METODO SCRUM	
FIGURA 20 WATERFALL E AGILE A CONFRONTO	40
FIGURA 21 WATERFALL E AGILE A CONFRONTO	41
FIGURA 22 ANDAMENTO DEI COSTI A CONFRONTO	
FIGURA 23 ISTOGRAMMA	44
FIGURA 24 ISTOGRAMMA	
FIGURA 25 RUOLO DELL'AGILE MANAGER	47
FIGURA 26 DISTRIBUZIONE BETA	
FIGURA 27 KANBAN BOARD	
FIGURA 28 POMODORO TIMER	54
FIGURA 29 PANEL DEI COLORI	55
FIGURA 30 ESEMPI DI INDICATORI ED ALLARMI	55
FIGURA 31 ESEMPI DI RILEVAZIONI DI TEMPERATURA SEGNALATE CON E SENZA	
LINEA DI TREND	
FIGURA 32 ESEMPI DI HMI CON E SENZA UTILIZZO DI PUNTATORE	57
FIGURA 33 ESEMPI DI INDICAZIONE DEL LIQUIDO CONTENUTO IN UN	
SERBATOIO	
FIGURA 34 DIFFERENZE CON UTILIZZO DI HMI TRADIZIONALI E DI HPHMI	
FIGURA 35 MATRICE DI HENDERSON E CLARK (1990)	
FIGURA 36 ESEMPIO DI CURVE AD S	
FIGURA 37 CURVE AD S PER HMI	
FIGURA 38 SAILING SHIP EFFECT	
FIGURA 39 PRODUCT GENERATION	
FIGURA 40 TECHNOLOGY ROADMAPPING	
FIGURA 41 CATEGORIE E TIPOLOGIE DI INNOVAZIONE	67

FIGURA 42 CURVA DI ROGERS (1962) E MOORE (1991)	68
FIGURA 43 CURVE DEI RICAVI REGISTRATI PER OGNI TIME BUCKET E RICAVI	
CUMULATI PER I DUE DIVERSI SCENARI	70
FIGURA 44 MODELLO DI ABERNATHY-UTTERBACK (1978)	72
FIGURA 45 CICLO DI HYPE PER HUMAN-COMPUTER INTERACTION, 2010	73
FIGURA 46 CICLO DI HYPE PER LE TECNOLOGIE EMERGENTI, 2018	
FIGURA 47 ORGANIGRAMMA VISTE	76
FIGURA 48 ESEMPIO INTERFACCIA OPERATORE	77
FIGURA 49 HMI PER SCELTA GRUPPI	80
FIGURA 50 HMI SPECIFICA MOTORE	81
FIGURA 51 HMI IN ADOZIONE	86
FIGURA 52 HMI PROPOSTA	86
FIGURA 53 HMI PROPOSTA	87
FIGURA 54 HMI IN ADOZIONE PER SELEZIONE GRUPPI*	87
FIGURA 55 GRADI DI COLLABORAZIONE	89
FIGURA 56 COBOT YUMI	
FIGURA 57 ROBOT INDUSTRIALI TRADIZIONALI	90
FIGURA 58 CURVE VOLUMI-COSTI UNITARI	91
FIGURA 59 COBOT SAWYER E BAXTER	93
FIGURA 60 INTERFACCIA BAXTER	93
FIGURA 61 DIAGRAMMA A TORTA RELATIVO ALLA PRATICA DI LAVORI CHE	
PREVEDONO L'UTILIZZO DI HMI	
FIGURA 62 DIAGRAMMA A TORTA RELATIVO AL TEMPO DI UTILIZZO	
FIGURA 63 DIAGRAMMA A TORTA RELATIVO AL TEMPO DI INTERFACCIAMENTO	) 99
Indice delle tabelle	
TABELLA 1 MOTIVAZIONI DI INTERAZIONE	10
TABELLA 2 DIMENSIONE TEAM E PRESENZA/ASSENZA DI PM	46
TABELLA 3 LOCALIZZAZIONE TEAM E PRESENZA/ASSENZA DI PM	46
TABELLA 4 GESTIONE DEL TEMPO SECONDO I DUE APPROCCI	52
TABELLA 5 TIPOLOGIE DI INNOVAZIONE	64

#### Premessa

Questo elaborato si pone nel contesto dell'industria 4.0, all'interno di una realtà industriale multinazionale nata sul territorio piemontese ed in particolare nelle Langhe, di cui oggi è il fiore all'occhiello: il Gruppo Ferrero. Oggetto della tesi è l'analisi dei requisiti per la realizzazione delle interfacce uomo-macchina innovative delle macchine automatiche di produzione, da cui segue un tentativo di definizione delle possibili linee guida.

Lo studio dei principi delle interfacce innovative non nasce con l'intento di trovare una soluzione a problemi specifici sorti all'interno dell'azienda sopracitata, bensì con l'intenzione di esaminare nel dettaglio le possibili evoluzioni delle interfacce uomo-macchina (HMI) per meglio identificare i trend innovativi che, in futuro, potranno affermarsi nell'ambito industriale.

Esistono diverse tipologie di interfacce che permettono ad un generico utente di dialogare con un determinato sistema, come ad esempio le classiche pulsantiere, i sistemi di supervisione e controllo SCADA e le interfacce proprie delle macchine di produzione.

La tesi si articolerà in una prima parte introduttiva, una seconda di analisi dei principi teorici che si pongono alla base dell'interactive design ed una terza di analisi degli aspetti pratici. Quest'ultima, in particolare, si suddividerà ulteriormente in due sezioni: una seguirà la prospettiva del progettista e si focalizzerà sul confronto fra alcune interfacce in adozione nell'azienda ed i principi teorici citati e l'altra quella dell'utilizzatore grazie ad alcune interviste ad operatori e manutentori. Inoltre, sono presenti due approfondimenti riguardanti uno l'evoluzione del ruolo del Project Manager dal metodo Waterfall al metodo Agile e l'altro la robotica collaborativa (quest'ultimo secondo un'ottica di analisi dell'interfaccia e di confronto con la teoria relativa all'usabilità delle HMI).

#### 1. Introduzione

"The old computing is about what computers can do. The new computing is about what people can do."

Ben Shneiderman, "Leonardo's Laptop - human needs and the new computing technologies", 2003

#### 1. Storia ed evoluzione delle HMI

Per interfaccia si intende un elemento di collegamento fra due diversi sistemi capace di consentirne l'interazione, nonché un punto di incontro che ne permette lo scambio di informazioni. In particolare, le interfacce uomo-macchina sono dispositivi nati dalla necessità dell'utente di comunicare con un determinato macchinario per poter effettuare azioni elementari, quali ad esempio accensione e spegnimento, azioni di controllo e monitoraggio e, più in generale, uno scambio efficace di informazioni. Sono altresì conosciute con gli acronimi inglesi HMI (Human Machine Interfaces) e, sebbene più raramente, MMI (Man Machine Interfaces). Le HMI, dunque, hanno l'importante compito di presentare informazioni rilevanti, agli utenti di competenza, nel momento opportuno e di consentire, di conseguenza, un'interazione efficace con un determinato sistema. Pertanto, rappresentano un vero e proprio filtro che si interpone tra la complessità strutturale e funzionale della macchina e l'utente stesso, in modo tale da rendere più facilmente accessibile un sistema in realtà complicato<sup>1</sup>.

La loro nascita, in generale, coincide con la diffusione di dispositivi il cui funzionamento prevedeva l'interazione umana. Tuttavia, solo negli anni '60 del secolo scorso, il concetto di "user interface" cominciò a svilupparsi; fino ad allora l'attenzione era posta principalmente sulla capacità computazionale del sistema,

-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> https://elite.polito.it/files/courses/02CIX/2018-2019/slide/07 UsereXperience.pdf

piuttosto che sui metodi di interfacciamento con l'utente. Quattro fattori-chiave ne permisero poi la diffusione:

- prototipazione e sviluppo iterativo,
- software dell'interfaccia utente,
- modelli e teorie dalla scienza cognitiva,
- psicologia del software e fattori umani.

Tra il 1945 ed il 1968 si diffusero le interfacce batch, in cui ogni procedura veniva creata tramite la previa preparazione e successiva memorizzazione delle operazioni e dei dati occorrenti per l'esecuzione di un particolare compito.<sup>2</sup> Questa modalità non consentiva quindi un'interazione real time fra utente e sistema poiché la procedura veniva eseguita interamente senza permettere l'intervento umano durante lo svolgimento. L'input veniva trasmesso tramite schede perforate (FIGURA 1) o punched tape, i cui primi utilizzi risalgono al XVIII secolo nel controllo dei telai automatici e la cui affermazione avviene intorno al 1950 grazie al loro largo utilizzo da parte di IBM. Quindi, una volta immesse le schede in input, era necessario attendere per circa un'ora o più che il processo fosse terminato, al fine di poter valutare i risultati.

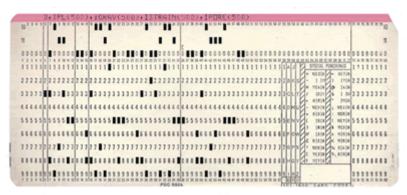


FIGURA 1 ESEMPIO DI SCHEDA PERFORATA [Fonte: https://www.okpedia.it/schede perforate]

Intorno al 1951, al MIT, viene ideata la penna ottica che permetteva di interagire tramite un monitor a tubi catodici. L'anno successivo viene sviluppata la trackball, ma inizialmente la sua diffusione è circoscritta all'ambito militare,

\_

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> http://hmr.di.unipi.it/Corso/STI\_201516-MDelrio-Percorso.pdf

specialmente con dispositivi per il controllo del traffico aereo. Solo nel 1964 alcuni scienziati del MIT la riadattarono per renderne possibile un uso civile, connesso alla diffusione dei primi personal computer che, in quegli anni, si stavano diffondendo. Nello stesso periodo, fece la sua comparsa anche il mouse che in fase iniziale consentiva movimenti unicamente sugli assi X-Y e, successivamente, in ogni direzione. Nel 1961 Douglas Engelbart ne abbozzò un primo modello; alcuni anni dopo, nel 1964, Bill English ne realizzò un primo prototipo funzionante e nel 1970 venne brevettata la tecnologia con il titolo "X-Y position indicator for a display system". Il nome ufficiale era "puntatore" ma veniva comunemente ed informalmente definito "mouse" per via della sua forma che richiamava la somiglianza con l'animale. A partire dal 1969 venne adottata la command-line user interface (FIGURA 2), in cui i prompt venivano inseriti in linea di comando. L'interfaccia è testuale e non ancora grafica, pertanto particolare attenzione va prestata alla sintassi da utilizzare nell'inserimento dei comandi, visualizzati generalmente su schermi a tubi catodici. L'interfaccia a linea di comando è stata la prima a permettere all'utente di interagire in modo rapido ed istantaneo con il sistema.

		Conputer	DOS IBM Corp 1981
A>dir *.c			
IBMB10	COM	1920	07-23-81
IBMDOS	COM	6400	08-13-81
COMMAND	COM	3231	08-04-81
FORMAT	COM	2560	08-04-81
CHKDSK	COM	1395	08-04-81
SYS	COM	896	08-04-81
DISKCOPY	COM	1216	08-04-81
DISKCOMP	COM	1124	08-04-81
COMP	COM	1620	08-04-81
DATE	COM	252	08-04-81
TIME	COM	250	08-04-81
MODE	COM	860	08-04-81
EDLIN	COM	2392	08-04-81
DEBUG	COM	6049	08-04-81
BASIC	COM	10880	08-04-81
BASICA	COM	16256	08-04-81

FIGURA 2 ESEMPIO DI COMMAND-LINE USER INTERFACE [Fonte: https://ia.wikipedia.org/wiki/File:IBM\_PC\_DOS\_1.0\_screenshot.jpg]

Nel 1972 fece la sua prima apparizione Smalltalk, un linguaggio di programmazione orientato agli oggetti guidato da un'interfaccia grafica. I suoi

principali creatori furono Alan Kay, Adele Goldberg e Dan Ingalls e la sua prima release venne nominata Smalltalk-80. Si trattava di un linguaggio innovativo per diverse ragioni, fra le quali proprio l'adozione di un'interfaccia grafica, utilizzata per il sistema operativo PILOT dello Xerox Alto prima e dello Xerox Star poi e successivamente ripresa anche da Apple per il Lisa e per il Mac. L'interfaccia era basata su un sistema a finestre organizzate in forme rettangolari, autonome, sovrapponibili e contenenti oggetti interattivi disposti gerarchicamente <sup>3</sup>. L'aspetto grafico, data la sua portata innovativa, era indubbiamente un punto di forza del linguaggio ma richiedeva, tuttavia, una notevole potenza di calcolo e per questo motivo, inizialmente, Smalltalk venne impiegato solo nei centri di ricerca e nelle aziende disponibili ad investire in hardware.

Intorno al 1981 iniziarono a diffondersi, dapprima sui dispositivi Apple, le prime Grafical User Interfaces (GUI), caratterizzate da una user experience notevolmente migliorata rispetto alle precedenti. Tuttavia, i primi tentativi di GUI, risalgono al 1963, quando Sutherland ideò Sketchpad, considerato il pioniere nell'ambito delle HMI. A partire dal 1984 si svilupparono interfacce di tipo multitouch e, intorno agli anni 2000, le Natural User Interfaces (NUI). Quest'ultime, in particolare, permettono di avvertire i movimenti del corpo e di gestire input vocali oltrechè quelli inseriti tramite tastiera o display touchscreen. L'evento principale, trigger per la diffusione delle HMI, è stata la National Bureau of Standard conference dal titolo "Human factors in computer system", nel marzo 1982. Da allora, conferenze e workshops legati al tema vengono svolti ovunque nel mondo e le HMI iniziarono a diffondersi sempre più.

Ad oggi, i metodi di interfacciamento uomo-macchina sono molteplici e sempre in via di miglioramento grazie al rapido e continuo affermarsi di nuove tecnologie abilitanti che caratterizzano l'Industria 4.0 (cfr. FIGURA 48 per HMI attualmente adottate presso lo stabilimento Ferrero di Alba). La significativa trasformazione che l'industria manifatturiera sta affrontando in questi anni viene infatti identificata come la quarta rivoluzione industriale (Industria 4.0); si tratta sostanzialmente dell'incontro fra l'industria manifatturiera stessa e l'ampia ed inarrestabile innovazione tecnologica che oggigiorno si sta affermando in diversi

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> http://www.cs.unibo.it/~fabio/corsi/ium00/slides/hci/11-interfacce/11-interfacce.pdf http://wwwusers.di.uniroma1.it/~poti/LUCIDI/lezione3.pdf

ambiti del panorama industriale. Il concetto fondante è quello di smart factory ed è caratterizzato da alcuni punti-chiave quali lo smart manufacturing e la cosiddetta digital industry, che a loro volta si basano su elementi fondanti quali l'IoT, i sistemi cyberfisici, gli industrial analytics, il cloud manufacturing, le wearables, le HMI, l'automazione avanzata e l'additive manufacturing. Le avanzate tecnologie digitali impiegate hanno permesso, ed ancora permetteranno, una profonda trasformazione dei metodi di produzione, favorendo un incremento di efficienza ed inducendo un cambiamento nelle relazioni tra l'uomo e la macchina. Secondo uno studio effettuato da The Boston Consulting Group, sono nove i trend tecnologici che stanno trasformando la produzione industriale<sup>4</sup>: i big data e gli analytics, i robot autonomi, i sistemi di simulazione, l'integrazione verticale ed orizzontale, l'IoT, la cybersecurity, il cloud, l'additive manufacturing e la realtà aumentata. I big data e i relativi analytics abilitano un sistema sempre connesso e fungono da supporto per i processi real-time di decision-making, i robot autonomi adottati in ottica di robotica collaborativa vengono impiegati per operare in modo sicuro a fianco degli operatori, la simulazione viene utilizzata in modo sempre più estensivo con modelli di realtà virtuale e l'IoT permette, in ambito industriale, di connettere sempre più dispositivi dotati di sistemi integrati. La cybersecurity dovrà fronteggiare le numerose minacce ai sistemi di sicurezza aventi il compito di garantire l'integrità delle informazioni trattate e scambiate e di rendere più affidabili le comunicazioni digitali fra i vari impianti; il cloud consente di immagazzinare e condividere in modo istantaneo grandi quantità di dati e l'additive manufacturing (come ad esempio la stampa 3D) viene ampiamente adottato per la realizzazione di prototipi e di singoli componenti magari caratterizzati da un elevato tasso di customizzazione, poiché sono noti i vantaggi legati alla possibilità di realizzare prodotti con una sostanziale diminuzione di peso ed un design complesso. La realtà aumentata fornisce invece agli operatori informazioni in tempo reale, volte a supportarli nelle fasi decisionali e nelle procedure lavorative.

Oggi le interfacce uomo-macchina vengono definite Advanced HMI e costituiscono un'evoluzione della semplice interazione fra gli utenti e i sistemi produttivi, innestandosi quindi sul filone dell'industry 4.0 a livello strettamente operativo. Diverse HMI implicano diverse user experiences che coinvolgono

-

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> https://www.bcg.com/it-it/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth.aspx

l'utente e l'ambiente di lavoro in cui si trova. Le interfacce legate all'automazione industriale e quelle relative al mercato consumer è come se procedessero su un stessa rotaia ma a due velocità diverse: le seconde hanno raggiunto livelli molto più evoluti e performanti in tempi relativamente più rapidi rispetto alle prime. Ciò è anche dovuto all'attenzione posta sulle HMI dal mercato in questione: in quello consumer l'interfaccia grafica risulta importante per sostenere ed incrementare le vendite del prodotto, in quello industriale, invece, l'attenzione è spostata sulle performance della macchina, subordinando a queste il metodo di interfaccia con l'utilizzatore in questione. Oggi, tuttavia, l'interesse per le interfacce sta gradualmente aumentando per ridurre sempre più il gap presente fra l'individuo e la complessità delle macchine. Pertanto, è risultato necessario adattare gradualmente i livelli di usabilità ed user experience delle seconde alle prime (ad oggi infatti ci si può trovare ad avere la stessa release software su dispositivi mobile e su dispositivi a carattere più industriale).

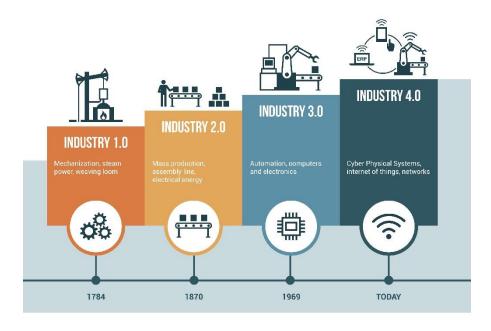


FIGURA 3 RIVOLUZIONI INDUSTRIALI NELLA STORIA

[Fonte: https://www.aberdeen.com/opspro-essentials/industry-4-0-industrial-iot-manufacturing-sneak-peek/]

#### 2. Caratteristiche fondamentali

Essenzialmente, le interfacce uomo-macchina hanno il compito di presentare informazioni rilevanti, agli utenti di competenza, nel momento opportuno.

#### **WHAT**

Le advanced HMI sono dispositivi bidirezionali di input ed output progettati per permettere il dialogo fra utente e sistema. La bidirezionalità è garantita dall'interazione umana poiché l'input viene generalmente immesso tramite l'azione dell'utente che, tuttavia, può avvenire secondo svariate modalità illustrate successivamente. L'output invece corrisponde alle risposte ed alle informazioni che il sistema fornisce, una volta processati adeguatamente i dati. Dal punto di vista operativo, la macchina raccoglie i dati opportunamente inseriti dall'utente e, successivamente, dopo averli processati, comunica le informazioni ricavate all'utilizzatore. L'utente, invece, da parte sua, dopo aver inserito i dati, quindi, visualizza e riceve le informazioni di cui ha bisogno.

Di per sé, le HMI possono permettere l'interfacciamento tramite pannelli applicati direttamente sulla macchina oppure su dispositivi utilizzabili anche da remoto. Si tratta dunque di un sistema hardware che garantisce la visualizzazione dei dati processati da un software centralizzato che permette la connessione simultanea di più utilizzatori.

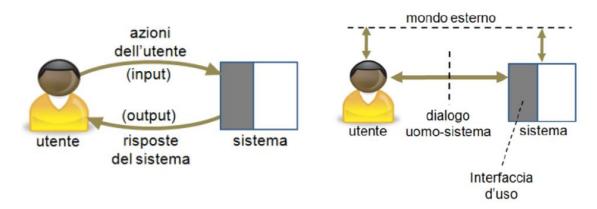


FIGURA 4 SCHEMATIZZAZIONI INTERAZIONE UOMO-MACCHINA [Fonte: https://elite.polito.it/files/courses/02CIX/2018-2019/slide/07 UsereXperience.pdf]

#### WHO

Gli utenti che si interfacciano con le macchine di produzione sono multipli: gli operatori, i manutentori ed i progettisti. Queste diverse figure coprono naturalmente ruoli differenti all'interno della struttura aziendale e sono pertanto caratterizzate da alcuni tratti identificativi che permettono di riscontrare alcune differenze fra di loro. Tuttavia, essendo ogni utente un individuo unico dotato di determinate caratteristiche personali, è evidente come vi possano essere differenze fra i vari utilizzatori sebbene questi ricoprano lo stesso ruolo all'interno dell'azienda e corrispondano quindi alla medesima figura aziendale.

Adottando un metodo di analisi che parte dal generale per giungere al particolare, si pone in primo luogo l'attenzione sulle differenze fra figure (differences between) ed in secondo luogo ci si focalizza sulle differenze rilevabili all'interno della stessa figura (differences within).

Le maggiori differenze fra figure sono:

- Livello di istruzione, interpretabile come una diversa capacità di elaborare le informazioni;
- Diverse necessità legate all'elaborazione dei dati ed alle singole finalità che i diversi tipi di utenti vogliono raggiungere (attenzione ad identificare le esigenze proprie di ogni figura: "what user really want?");
- Diverso ambiente di lavoro: linea (con ulteriori differenze interne alla linea stessa), ufficio, casa (smart work);
- Diverse possibilità di interazione legate all'ambiente di lavoro;
- Diversa frequenza di interfacciamento;
- Interessi diversi che si originano nel momento in cui sorge un determinato problema, ad esempio un guasto macchina:
  - Dal punto di vista dell'operatore si percepisce uno stop alla produzione e, di conseguenza, un periodo di mancato lavoro in cui non viene effettuata alcuna attività operativa;
  - II. Dal punto di vista del manutentore, l'interesse è rivolto principalmente all'intervento da eseguire e pertanto ci si focalizza sul dove e come agire;
  - III. Dal punto di vista del progettista, l'attenzione viene posta sul motivo per cui quel determinato problema si è manifestato e

quindi si cerca di capirne la causa per trovare un'adeguata soluzione.

si tratta dunque di emettere messaggi di errore ed allarme adeguati al tipo di persona che interagisce.

Le principali differenze, riscontrabili a livello di individuo, all'interno di una stessa figura, sono:

- Diverso background culturale ed educativo-formativo;
- Età, interpretabile come attitudine al cambiamento;
- Flessibilità nell'adozione di nuove tecnologie;
- Diverso livello di pragmaticità;
- Diversa rapidità di intuizione e comprensione;
- Diversa frequenza di utilizzo e quindi di interfacciamento con la macchina;
- Livello di esperienza, legato all'anzianità di servizio:
  - I. Operatore neoassunto, senza esperienza (solo frequenza di corso per un adeguato utilizzo dei macchinari);
  - II. Operatore neoassunto ma avente esperienza in settori differenti, quindi conoscenza di altri macchinari e discreta abilità nell'interazione;
  - III. Operatore neoassunto con esperienza in settori affini e quindi possibile familiarità con i macchinari in adozione;
  - IV. Operatore esperto, con un rilevante livello di anzianità.

Considerate le varie possibilità legate alle caratteristiche di un determinato utente, può risultare opportuno tracciare i profili di alcune personas interagenti secondo casi d'uso prestabiliti e ben definiti, al fine di stilare alcuni requisiti.

#### WHEN E WHY

L'interazione tramite HMI può avvenire in due differenti condizioni di lavoro:

- 1. durante l'utilizzo regolare della macchina;
- 2. nel momento in cui sorge un determinato problema.

TABELLA 1 MOTIVAZIONI DI INTERAZIONE

	Operatore	Manutentore	Progettista
1.	a. Controllare andamento processo	<ul> <li>a. Interazione in fase di manutenzione (predittiva?)</li> </ul>	a. Controllare andamento processo
	<ul> <li>b. Coordinare più linee (macchine in rete fra loro –sistema in cloudes: problema a monte, segnale a valle → flusso di prodotto rallentato per attese di materiale da monte o collo di bottiglia a valle)</li> </ul>	b. Controllare storico manutenzione	<ul> <li>b. Coordinare più linee (macchine in rete fra loro –sistema in cloud- es: problema a monte, segnale a valle)</li> </ul>
2.	a. Avvertire il problema e risolverlo o mobilitarsi per risolverlo	a. Interazione in fase di intervento	a. Avvertire il problema e risolverlo o mobilitarsi per risolverlo

#### **WHERE**

L'utente può interagire con la macchina in diversi ambienti di lavoro, quali ad esempio la linea (possono sussistere tuttavia differenze interne alle linee stesse come la temperatura e l'umidità, specialmente nelle lavorazioni di tipo alimentare), l'ufficio e la casa (in condizioni di smart work).

I dispositivi che permettono ad un individuo di interfacciarsi con un macchinario sono molteplici. Un operatore può utilizzare un classico pannello presente sulla macchina di produzione, un pc (o più, eventualmente con schermi di diverse dimensioni, come nel caso di una control room) o un tablet, quest'ultimo probabilmente in un futuro prossimo. Un manutentore può avvalersi anch'egli del pannello presente sulla macchina, di un pc da remoto oppure di un tablet, utilizzato sia in mobilità che da remoto. Un progettista, invece, può interagire tramite un pc (con software di sviluppo), con un tablet anche da remoto e con il pannello della macchina di produzione.

È importante sottolineare, inoltre, come l'interfaccia possa (ma non necessariamente) rimanere la medesima pur essendo visualizzata su dispositivi hardware diversi.

In generale, le condizioni al contorno dell'interazione permettono all'utente di provare diverse user experiences, legate non solo all'ambiente di lavoro ma anche al dispositivo utilizzato. HOW

L'user experience varia anche e soprattutto in funzione delle modalità con cui l'utente interagisce.

In particolare, le advanced HMI che si stanno diffondendo al giorno d'oggi, permettono un'interazione multisensoriale, capace di includere la vista, il tatto e l'udito.

Con riferimento alla vista, un generico utente può dialogare con la macchina di produzione tramite un display di tipo tradizionale, con dispositivi per la realtà assistita, con occhiali per la realtà aumentata, visori per la realtà virtuale, tramite tecnologia eye scroll o, in senso più ampio, tramite il riconoscimento facciale.

Per quanto riguarda il tatto, si possono utilizzare display touchscreen dotati di tecnologia multitouch, si può interagire con il riconoscimento dei gesti dell'utente o il riconoscimento della scrittura oppure tramite le cosiddette wearable technologies con annessa possibile interazione aptica (es: Mark, il primo guanto intelligente con lettore barcode prodotto dall'azienda tedesca ProGlove<sup>5</sup>).

L'udito, invece, permette di poter utilizzare un assistente virtuale, ipotizzando, ad esempio, un metodo chatbot inizialmente anche solo per operazioni elementari, come estensione di una più basilare interazione esclusivamente vocale con il pannello macchina, che presuppone comunque un ambiente non eccessivamente rumoroso ed un riconoscimento vocale. Questo può essere interpretato non solo come riconoscimento dei suoni emessi per formare determinate parole ma anche come riconoscimento del timbro della voce per identificare direttamente l'interlocutore. Vi è inoltre la possibilità di utilizzare degli appositi tappi per ambienti industriali, capaci di selezionare determinati rumori prescelti (cfr. Sound Bubble) e di permettere l'ascolto esclusivo di questi, a cui si potrebbe valutare l'ipotesi di aggiungere un'eventuale assistenza mirata.

L'interazione multisensoriale risulterebbe completa se si potessero includere anche olfatto e gusto; ad oggi non risultano disponibili interfacce capaci di interagire con l'utilizzatore attraverso questi due sensi, tuttavia, si potrebbero ipotizzare delle simulazioni con realtà virtuale, ad esempio grazie al 5G.

-

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> https://www.proglove.de/

Ad oggi, le nuove frontiere, per quanto concerne le modalità di interazione, sono le tecnologie wearable, il riconoscimento dei gesti e, per un futuro ancora lontano e livelli di comunicazione molto evoluti ed estremi, la brain-machine interaction.

Un elemento importante da non sottovalutare è la necessità di poter passare da una modalità di interazione ad un'altra in tempi rapidi, per poter facilitare l'utente nello svolgimento delle proprie normali operazioni e favorirlo con l'interfacciamento più agevole ed opportuno a seconda delle azioni che deve compiere durante il proprio lavoro. È altresì rilevante il fatto di poter disporre di modalità fra loro intercambiabili per avere la possibilità di interfacciarsi in più modi se, ad esempio, uno di questi fosse momentaneamente fuori uso. Sarebbe inoltre opportuno condividere tutti i dati delle operazioni in cloud tramite un'adeguata piattaforma.



FIGURA 5 INTERFACCIA CON REALTÀ AUMENTATA SU TABLET [Fonte: https://industria40news.it/2017/08/la-realta-aumentata-entra-nelle-aziende/]

#### 3. Riferimenti normativi

Le HMI sono regolate da alcune norme e da standard a livello mondiale, europeo e nazionale, elaborate da appositi organismi, quali, rispettivamente, ISO, CEN e UNI.

Di seguito sono riportate le principali:

- Direttiva macchine 2006/42/CE
- ISO 9241: ergonomia e interazione uomo-macchina

Serie 100: Ergonomia del software

Serie 200: Processi di interazione uomo - macchina

Serie 300: Display e hardware relativo

Serie 400: Dispositivi di input fisici - Principi di ergonomia

Serie 500: Ergonomia della postazione

Serie 600: Ergonomia ambientale

Serie 700: Applicazioni

Serie 900: Interazioni tattili

- EN 60447, Interfaccia uomo-macchina: principi di manovra
- EN 60204–1, Sicurezza del macchinario: equipaggiamenti elettrici delle macchine
- EN 61439-1 (CEI 17-13/1), Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT); Parte 1: Regole generali
- EN 60073, Codifica dei dispositivi indicatori e degli attuatori, con colori e mezzi supplementari
- EN 61310–1, Sicurezza del macchinario: prescrizioni per segnali visivi, acustici e tattili
- CEI 64- 8, Norme per impianti elettrici utilizzatori
- EN 60947–5-1, Apparecchiature a bassa tensione. Parte 5: Dispositivi per circuiti di comando ed elementi di manovra
- EN 894-1, Sicurezza del macchinario Requisiti ergonomici per la progettazione di dispositivi di informazione e di comando Parte 1: Principi generali per interazioni dell'uomo con dispositivi di informazione e di comando
- ANSI/ISA-18.2-2009 Management of Alarm Systems for the Process Industries standard

La norma CEI è stata formulata dal Comitato Elettrotecnico Italiano, l'ente nazionale di normazione per l'elettrotecnica, l'elettronica e le telecomunicazioni.

Lo standard ANSI/ISA, invece, è internazionale e stabilito dall'International Society of Automation.

#### 4. Mercato

Il mercato delle interfacce uomo-macchina, negli ultimi anni, si è reso protagonista di una crescita notevole poiché l'automazione dei processi industriali e la possibilità di utilizzare la realtà virtuale per la simulazione si sono ampiamente diffuse in vari settori industriali.

Il mercato HMI si è attestato intorno ai 4,38 miliardi di dollari statunitensi nel 2017 (fonte: <a href="https://www.arizton.com">https://www.arizton.com</a> – Human Machine Interface market report, September 2018), con una previsione di crescita media annua (CAGR) pari al 9% prevista tra il 2017 ed il 2023. Secondo tali stime, pertanto, al termine del periodo considerato, tale mercato sarà valutato intorno agli 8 miliardi USD. Il mercato delle HMI può essere segmentato secondo diversi criteri: in base alla tecnologia utilizzata, alla configurazione, all'interfaccia stessa, all'utente finale e alla geografia.

Considerando la tecnologia che soggiace all'interfaccia stessa, si può suddividere il mercato per interfacce di tipo ottico, acustico, tattili, legate al movimento dell'utente e bioniche<sup>6</sup>. Fra questi, il segmento legato alle tecnologie di tipo touch, nel 2017, ha coperto più del 66% della quota di mercato e il suo utilizzo per applicazioni di tipo 3D sarà uno dei principali fattori trainanti per la crescita del mercato globale delle HMI durante il periodo considerato per la previsione. Analizzando i tipi di configurazione, invece, si possono distinguere soluzioni software di tipo standalone o embedded. Quest'ultime sono le più diffuse e permettono un controllo delle funzioni in tempo reale. Per quanto riguarda l'interfaccia stessa, il mercato globale delle HMI è suddiviso in hardware e software; il segmento hardware ha dominato la quota di mercato nel 2017 ed in particolare è stato spinto fortemente dall'uso di tecnologie digitali come LCD, LED ed i touchscreens. Quest'ultimi, integrati nei PLC, contribuiranno allo sviluppo delle HMI a livello globale nei prossimi anni. L'introduzione di

\_

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> https://www.arizton.com/market-reports/human-machine-interface-market

applicazioni SCADA concorrerà, invece, alla trasformazione del segmento software. Osservando la segmentazione in base all'utente finale, si possono delineare sette settori industriali principali: l'automotive, il chimico e petrolchimico, il metallurgico ed il minerario, il settore del packaging, della carta e della stampa, il settore alimentare (food & beverage), quello sanitario e l'oil & gas. Fra questi, l'automotive, il food and beverage ed il settore sanitario sono fra i maggiori settori nel mercato globale delle HMI. L'introduzione di sistemi robusti capaci di resistere a polveri, umidità, acqua, temperature estreme e determinati agenti chimici, sta guidando la crescita del mercato. Con riferimento alla segmentazione di tipo geografico, la domanda sul mercato nordamericano è risultata maggiore che altrove.



FIGURA 6 SEGMENTAZIONE MERCATO HMI

[Fonte: https://www.arizton.com/market-reports/human-machine-interface-market-2023]

I principali players presenti sul mercato sono:

- Schneider Electric
- Rockwell Automation Inc.
- Siemens AG

- Mitsubishi Electric Corporation
- Omron Corporation

Altre aziende presenti sono ABB Ltd., General Electric, Toshiba e Bosh Rexroth.

L'evoluzione delle HMI prevede notevoli investimenti nel settore, aumentati notevolmente negli ultimi anni per sostenerne un adeguato sviluppo (complessivamente, +450% nel decennio 2006/2016).

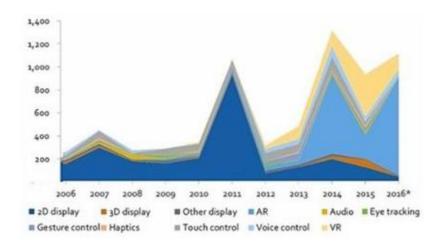


FIGURA 7 INVESTIMENTI NEL MERCATO HMI DAL 2006 AL 2016
[Fonte: https://medium.com/astercapital/human-machine-interface-technologies-what-impact-on-industry4-0-6a105f97529d]

Esaminando i principali trend del settore, si può notare come nel passato prossimo, si sia investito molto in primo luogo su realtà aumentata ed in secondo luogo su realtà virtuale (in crescita ancora oggi) e come, invece, siano andati scemando gli investimenti rivolti alle tecnologie 2D e 3D dei display tradizionali. Gli sforzi economici rivolti ad AR e VR trovano conferma nei dati relativi alle crescenti dimensioni del loro mercato mondiale che, secondo le previsioni effettuate dal portale Statista (https://www.statista.com/), supererà i 209 miliardi di dollari statunitensi nel 2022, con una crescita esponenziale nei prossimi anni. In particolare, secondo l'International Data Corporation, che nel mese di febbraio del 2017 ha pubblicato il Semiannual Augmented and Virtual Reality Spending Guide, più della metà del mercato globale di AR e VR è rivolto al settore consumer (56%), seguito a distanza dal manufacturing (19%).

### 2. Principi teorici

"...people are required to conform to technology. It is time to reverse this trend, time to make technology conform to people."

Donald A. Norman, "Designing the Future", 1995

# 1. Principi di Norman – I 6 principi fondamentali dell'interactive design

Donald Arthur Norman è uno psicologo ed ingegnere statunitense, che basa le proprie ricerche sul campo dell'interactive design con particolare riferimento allo studio dell'ergonomia e del processo cognitivo proprio di ogni individuo umano. Nel 1988 pubblica "La caffettiera del masochista - Psicopatologia degli oggetti quotidiani", il cui titolo originale è "The design of everyday things" ed enuncia i principi fondamentali dell'interactive design, ossia concetti di progettazione basati sulla psicologia umana che egli cerca di coniugare con la tecnologia. Questo volume viene considerato di notevole importanza per il design in generale, con particolare riferimento all'ambito delle interfacce.

I principi formulati da Norman risultano validi tutt'oggi e sono essenzialmente sei<sup>7</sup>:

- Affordance:
- Significanti;
- Mapping;

<sup>7</sup> https://elite.polito.it/files/courses/02CIX/2018-2019/slide/07\_UsereXperience.pdf

https://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-831-user-interface-design-and-implementation-spring-2011/lecture-notes/

https://medium.com/@giovannighirardi/i-6-princ%C3%ACpi-fondamentali-di-norman-nellinteractive-design-74ab2c55ee59

http://www.iwebdesigner.it/architettura-dellinformazione/donald-norman-e-golfi-principi-di-usabilita-31706.html

http://www.rpolillo.it/faciledausare/Cap.3.htm

- Vincoli;
- Feedback;
- Modello concettuale.

Per affordance si intende la capacità di un oggetto di richiamare le modalità del proprio utilizzo. Pertanto, un prodotto con un'elevata affordance lascia facilmente intuire il modo in cui questo debba essere utilizzato. Il termine "affordance" è stato introdotto dallo psicologo statunitense James Gibson che lo formalizzò nell'opera "The ecological approach to visual perception", pubblicata nel 1979. Celebre, a questo proposito è il motto "Don't make me think" che, oltre ad essere il titolo di un libro pubblicato nel 2000 da Steve Krug incentrato sul concetto di usabilità, lascia intendere l'intenzione di progettare oggetti dall'uso intuitivo e non ingannevole, che non debbano far pensare l'utente alle modalità con cui il prodotto debba essere impiegato ma semplicemente al fine per cui questo viene adoperato.

I significanti, invece, si basano sul concetto di feedforward e sono caratteri fondamentali dell'interactive design poiché hanno la caratteristica di lasciar intendere quale azione sia possibile svolgere, come eseguirla e cosa accadrà una volta che questa viene eseguita. Un classico esempio che illustra questo concetto è quello dei maniglioni antipanico che lasciano intendere che la porta si aprirà verso l'esterno se su di loro viene esercitata una pressione necessaria e sufficiente.

Il mapping serve per meglio identificare la disposizione spaziale degli oggetti considerati. L'interfaccia potrebbe infatti rivelarsi ingannevole e poco intuitiva perciò risulta opportuno adottare una corrispondenza spaziale fra la collocazione dei comandi e quella dei dispositivi comandati. È il caso delle manopole per l'accensione dei fornelli del gas; se queste fossero disposte nello stesso modo dei fornelli risulterebbe più intuitivo individuare quella corretta.

I vincoli riguardano le limitazioni delle azioni possibili dell'utente di modo da impedirne eventuali errori e facilitare quindi lo svolgimento delle azioni corrette.

I feedback invece si rivelano molto importanti perché permettono all'utilizzatore di comprendere se l'azione che egli ha effettuato sia stata recepita e, quindi, andata a buon fine. Classici esempi di feedback sono le barre che mostrano un progressivo caricamento affiancato dalla dicitura "Loading...please

wait" ed i numeri indicanti il piano in cui si trova l'ascensore una volta che questo viene chiamato (partendo dall'indicatore a lancetta per arrivare alle odierne cifre digitali).

Il modello concettuale, infine, è una vera e propria concettualizzazione che ha il compito di dimostrare e chiarire quale effettivamente sarà il funzionamento di un determinato oggetto, al fine di favorirne la comprensione.

Norman, analizzando i concetti di usabilità ed ergonomia cognitiva, elabora un modello di interazione basato su sette stadi di azione che, a suo modo di vedere, ogni individuo, anche inconsciamente, mette in pratica ogniqualvolta si interfacci con un determinato sistema. Questo modello viene descritto nel libro precedentemente citato "La caffettiera del masochista – Psicopatologia degli oggetti quotidiani" (1988) e i sette stadi di azione che vengono individuati sono i seguenti:

- Formulare lo scopo;
- Formare l'intenzione;
- Identificare l'azione;
- Eseguire l'azione;
- Percepire lo stato del sistema;
- Interpretare lo stato del sistema;
- Valutare il risultato rispetto all'obiettivo.

Prima di agire, ogni utente si pone il problema di capire quale scopo egli stesso voglia raggiungere compiendo l'azione prescelta. Successivamente, una volta stabilito lo scopo, egli formula l'intenzione ovverosia decide cosa può fare per raggiungere l'obiettivo appena stabilito ed identifica l'azione o l'insieme di azioni da compiere a tal fine. A questo punto esegue l'azione prescelta ed in seguito cerca di percepire lo stato del sistema, cioè come sia mutata la situazione iniziale. Nello stadio successivo il sistema viene interpretato cercando di comprendere l'effetto dell'azione appena eseguita. Infine, l'utente valuta il risultato ottenuto rispetto all'obiettivo prefissato e stabilisce se lo scopo formulato inizialmente sia stato raggiunto oppure no.

Il modello di Norman si può suddividere in due macroaree: una riguardante l'esecuzione e l'altra riguardante la valutazione, ciascuna caratterizzata dalla presenza di un cosiddetto golfo in cui l'utente può trovarsi in difficoltà. Il golfo

dell'esecuzione viene posto da Norman fra la formazione delle intenzioni e l'esecuzione delle azioni, quello della valutazione invece fra la percezione dello stato del mondo e la valutazione dei risultati. Ogni utente può riscontrare dei problemi nel superare i due golfi ma un elevato grado di usabilità e dei feedback efficaci li rendono più facilmente oltrepassabili. In particolare, per superare il primo l'utilizzatore dovrà identificare, fra le azioni che è possibile eseguire con il sistema, quelle più adatte per raggiungere lo scopo; per oltrepassare il secondo, invece, dovrà essere in grado di valutare se le azioni effettuate hanno consentito di raggiungere l'obiettivo desiderato. Pertanto, un elevato grado di usabilità agevola il superamento del primo, mentre dei feedback efficaci l'attraversamento del secondo.

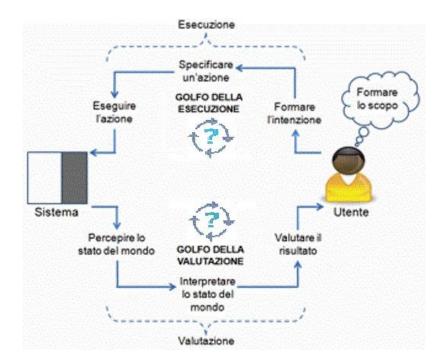


FIGURA 8 MODELLO DI NORMAN
[Fonte: elaborazione da https://elite.polito.it/files/courses/02CIX/2018-2019/slide/07\_UsereXperience.pdf]

I punti di forza del modello di Norman sono il fatto di essere incentrato sull'utente, di scomporre l'interazione fra uomo e sistema in una serie di stadi di azione ben definiti fra di loro e l'individuazione dei golfi di esecuzione e valutazione. I punti di debolezza sono essenzialmente due: non viene considerato il progettista come figura attiva e si dà poca importanza al sistema operante.

#### 2. Furistiche di Nielsen

Jakob Nielsen è un informatico danese che ha conseguito un dottorato in design dell'interfaccia utente ed informatica. Nel 1998 ha fondato, insieme a Donald Norman e Bruce Tognazzini, la Nielsen Norman Group, una società di consulenza specializzata nell'user experience e nelle computer-user interfaces.

Nel 1993 Nielsen, elabora il cosiddetto "Decalogo di Nielsen", ovvero dieci euristiche riferite all'interfacciamento uomo-macchina, nate da un'analisi fattoriale condotta su 249 problemi di usabilità<sup>8</sup>.

Le dieci euristiche elaborate da Nielsen sono le seguenti:

- 1. Visibilità dello stato di un sistema;
- 2. Corrispondenza fra sistema e mondo reale;
- 3. Controllo e libertà;
- 4. Consistenza e standard;
- 5. Prevenzione dell'errore;
- 6. Riconoscimento anziché ricordo;
- 7. Flessibilità d'uso;
- 8. Design ed estetica minimalista;
- 9. Aiuto all'utente;
- 10. Documentazione.

La visibilità dello stato di un sistema presuppone la ricezione, da parte dell'utente, di feedback in tempi rapidi per valutare lo stato effettivo e reale del sistema stesso e per rimanere sempre informato sulle condizioni delle azioni eseguite. La corrispondenza fra sistema e mondo reale prevede che il sistema e la macchina comunichino nello stesso linguaggio, comprensibile quindi ad entrambi. L'utente deve inoltre avere il controllo del contenuto informativo e potersi muovere liberamente tra i vari argomenti. La prevenzione dell'errore prevede che non si

https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/ https://elite.polito.it/files/courses/02CIX/2018-2019/slide/07 UsereXperience.pdf

generino situazioni ambigue e critiche; layout semplici e schematici devono poi permettere un efficace riconoscimento ogniqualvolta l'utente si interfacci con il sistema, senza dover ricorrere al ricordo di viste precedentemente mostrate. La flessibilità d'uso è un concetto molto rilevante poiché richiede che vi sia un uso differenziale dell'interfaccia a seconda dell'esperienza del singolo utente che interagisce in un determinato momento. Pertanto, sarebbe opportuno riconoscere l'individuo nel momento in cui questo decide di comunicare con il sistema per creare così un interfacciamento personalizzato, in base alla diversa esperienza dell'utente stesso. Il design e l'estetica dovrebbero essere quasi essenziali, al fine di dare maggior importanza al contenuto e meno alla forma; la semplicità, dunque, viene vista come punto di forza. Questo concetto era già stato adottato dalla marina militare statunitense negli anni '60 del secolo scorso e concentrato nell'acronimo KISS: Keep It Short and Simple. Un altro punto-chiave è l'aiuto all'utente, che può essere erogato tramite messaggi di errore chiari con annesso un possibile suggerimento per la soluzione da attuare. La decima ed ultima euristica riguarda infine la documentazione, che dovrebbe essere facilmente reperibile in caso di necessità.

### 3. Le regole d'oro di Shneiderman

Ben Shneiderman è un informatico americano, docente presso lo Human-Computer Interaction Lab dell'Università del Maryland. Nel 1987 ha pubblicato il libro: "Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction" in cui elenca otto aspetti fondamentali per la realizzazione delle interfacce digitali, definiti "Golden rules". Si tratta di linee guida utili a progettisti, soprattutto in ambito desktop, mobile e web. Le otto regole d'oro sono elencate di seguito<sup>9</sup>:

- 1. Coerenza a tutti i costi;
- 2. Usabilità universale;
- 3. Offrire riscontri informativi;

-

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup> https://faculty.washington.edu/jtenenbg/courses/360/f04/sessions/schneidermanGoldenRules.html https://www.interaction-design.org/literature/article/shneiderman-s-eight-golden-rules-will-help-you-design-better-interfaces

- 4. Dialogo con gli utilizzatori;
- 5. Prevenire gli errori;
- 6. Assicurare la reversibilità delle azioni;
- 7. Garantire il controllo degli utenti;
- 8. Ridurre il carico di memoria a breve termine.

La coerenza, anche in questo caso, richiede al progettista di mantenere la stessa tipologia di colori, layout, messaggi e termini per situazioni fra loro simili poiché non si devono generare situazioni ingannevoli. Se si standardizzano le modalità di presentazione di determinate situazioni, l'utente riesce a prendere maggior dimestichezza con esse in tempi rapidi. L'usabilità universale è intesa nella concezione di flessibilità dell'interfaccia d'uso poiché si aspira ad identificare il singolo individuo ed a riconoscere le sue esigenze per realizzare un'interazione quasi ad hoc. I riscontri informativi offerti, a cui Shneiderman fa riferimento, corrispondono ai feedback che l'utente deve percepire per comprendere lo stato effettivo del sistema. Per quanto riguarda il dialogo con gli utilizzatori, Shneiderman asserisce che le azioni degli utenti devono essere organizzate con un inizio, un punto intermedio ed una conclusione e che tale interazione deve, quindi, risultare guidata. La prevenzione dell'errore, anche in questo caso, viene considerata come punto fondamentale poiché le interfacce dovrebbero essere progettate in modo tale da non provocare situazioni equivoche e fuorviare l'utente. Nel caso in cui l'utilizzatore dovesse comunque compiere un errore, si dovrebbero fornire delle indicazioni esplicite per gestirlo e risolverlo in modo agevole. Shneiderman afferma inoltre che si debba assicurare la reversibilità delle azioni che l'utilizzatore effettua, di modo che l'utente non sia in un costante stato di apprensione originato dalla paura di sbagliare ma sappia che azioni errate possono eventualmente essere annullate. L'ultima regola è volta invece al desiderio di non fare affidamento sulla memoria dell'utilizzatore, quindi si richiede ai progettisti di non creare situazioni in cui gli utenti debbano memorizzare determinate informazioni.

Tutti gli autori analizzati, esperti delle teorie sull'interfacciamento uomomacchina, pongono la loro attenzione sull'elevato grado di usabilità di cui le interfacce devono disporre per essere sufficientemente valide e comprensibili. Le loro osservazioni, seppur elaborate prima della fine del secolo scorso, risultano valide tutt'oggi. Norman, Nielsen e Shneiderman, attraverso percorsi diversi formulano pressoché le medesime considerazioni, che conducono conseguentemente a conclusioni analoghe e fra loro complementari. Grazie ai loro contributi, viene così realizzato un quadro, il più completo possibile, dell'intero ambito.

Norman, nel modello di interazione, focalizza la propria attenzione sulle azioni effettuate dall'utente durante l'interfacciamento, mentre Nielsen e Shneiderman valutano in modo più approfondito anche le attività svolte dal progettista a monte, in fase di progettazione dell'interfaccia, per garantire l'usabilità percepita poi in una fase di successivo utilizzo. In particolare, si può notare come Nielsen e Norman condividano la quasi totalità dei loro punti nodali, atti ad assicurare un'elevata usabilità. Fra i tre, Shneiderman inoltre è il primo ad introdurre il concetto di dialogo con l'utilizzatore, anticipando un punto focale del metodo Agile.

#### 4. Usabilità

L'usabilità è un concetto complesso ma essenziale nel campo di ricerca dell'interactive design. Per usabilità si intende la facilità d'uso di un determinato oggetto. Con riferimento all'ambito informatico, la norma ISO 9241 definisce l'usabilità come "il grado in cui un prodotto può essere usato da particolari utenti per raggiungere certi obiettivi con efficacia, efficienza e soddisfazione in uno specifico contesto d'uso". Tuttavia, l'origine di questo concetto risale agli anni '60 in riferimento all'ergonomia e all'interazione fra l'uomo e ogni qualsivoglia oggetto. Successivamente, trova ampia applicazione nell'ambito informatico, relativamente all'ergonomia cognitiva. La definizione dello standard ISO 9241 afferma che l'usabilità è funzione, in primo luogo, dell'utilizzatore di un determinato prodotto/sistema ed in secondo luogo dell'obiettivo dell'utente stesso e del suo ambiente di utilizzo<sup>10</sup>.

-

<sup>&</sup>lt;sup>10</sup> Timo Jokela, Netta Iivari, Juha Matero, Minna Karukka, *The Standard of User-Centered Design and the Standard. Definition of Usability: Analyzing ISO 13407 against ISO 9241-11,* 2003

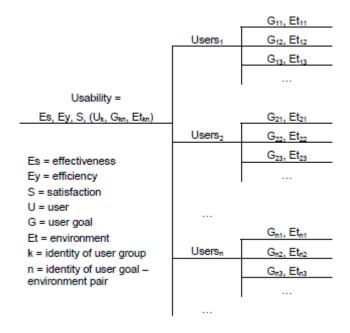


FIGURA 9 CONCETTO DI USABILITÀ RAPPRESENTATO AD ALBERO

[Fonte: Timo Jokela, Netta Iivari, Juha Matero, Minna Karukka, *The Standard of User-Centered Design and the Standard. Definition of Usability: Analyzing ISO 13407 against ISO 9241-11*, 2003]

Seguendo lo standard ISO 9241, l'usabilità può essere posta su un piano a tre dimensioni in cui le variabili presenti sugli assi sono rispettivamente soddisfazione dell'utente, efficacia ed efficienza. L'efficienza viene intesa come la quantità di risorse spese in relazione all'accuratezza e alla completezza del risultato mentre l'efficacia è considerata come una variabile direttamente proporzionale alla facilità di apprendimento ed inversamente proporzionale alla gravità e frequenza degli errori commessi.

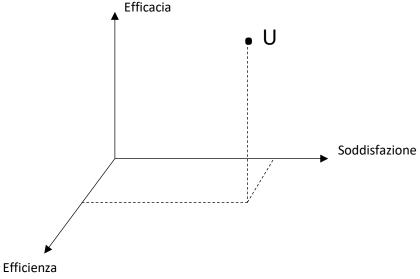


FIGURA 10 USABILITÀ

L'usabilità, dunque, è relativa poiché dipende dal soggetto che la valuta e dal contesto stesso in cui l'utente interagisce.

Nel valutare l'usabilità di un'interfaccia uomo-macchina è opportuno considerare innanzitutto la fase di progettazione. In questo stadio se ne può valutare la complessità intesa a diversi livelli: complessità strutturale, funzionale e d'uso. Le prime due possono essere valutate direttamente dal progettista mentre la terza è di competenza dell'utilizzatore. Naturalmente, l'usabilità è inversamente proporzionale alla complessità d'uso e, al contempo, strettamente collegata all'user experience.

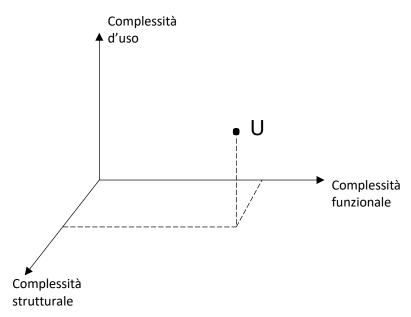


FIGURA 11 USABILITÀ

Approfondendo maggiormente il concetto di facilità d'uso e quindi di interazione su cui pone le basi la nozione di usabilità, si possono delineare tre variabili principali da cui questa proprietà dipende. In particolare, le tre variabili identificate sono rapidità di interazione, chiarezza espositiva dei messaggi e schematicità della vista. La rapidità di interazione non vincola l'azione da eseguire, in quanto l'operatore non deve necessariamente compiere determinate azioni in tempi prestabiliti ma viene assunta come variabile in quanto un'interfaccia con una maggiore facilità d'uso presuppone un più elevato grado di intuitività e, conseguentemente, una maggiore rapidità di esecuzione del comando da parte dell'operatore. In realtà, nello svolgimento quotidiano dei

lavori operativi, è più determinante quella che può essere vista come variabile complementare alla rapidità di interazione, ossia la lentezza nelle operazioni di interfacciamento. Quest'ultima, infatti, può essere sinonimo di una scarsa intuitività e quindi essere maggiormente determinante per definire la facilità d'uso, la quale risulta direttamente proporzionale alla chiarezza espositiva dei messaggi ed alla rapidità di interazione mentre ha un duplice andamento rispetto alla schematicità della vista: fino ad un determinato livello aumenta, ma una volta oltrepassato inizia a diminuire (cfr. capitolo 4, paragrafo 1 – Interviste ad operatori e **Appendice III** per correlazione fra le variabili).

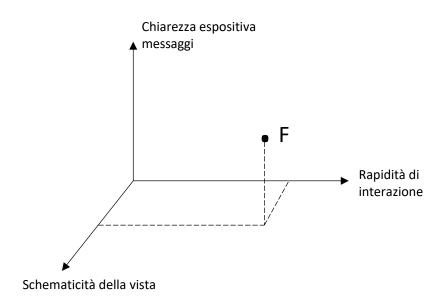


FIGURA 12 FACILITÀ D'USO

Ipotizzando una possibile correlazione fra le variabili considerate, si osserva come la rapidità di interazione aumenti all'incrementare della chiarezza espositiva dei messaggi. Tuttavia, cercando di valutare l'estremo limite superiore della rapidità di interazione, esclusivamente per fini teorici in quanto non è generalmente richiesto agli operatori di eseguire movimenti con una rapidità estrema, si giunge alla conclusione che la rapidità di interazione, di per sé, ha un limite insito nella velocità dei movimenti dell'individuo. Questo trova ampiamente conferma nella Legge di Fitts, risalente al 1954, a sua volta basata sul calcolo del tempo di reazione

elaborato da Hicks e Hyman<sup>11</sup>. La legge di Fitts afferma che il tempo necessario ad un individuo per interagire è pari alla somma del suo tempo di reazione e del tempo necessario per compiere il movimento stesso (quest'ultimo definito tempo ciclo).

$$T = T_r + TC = a + b \log_2 \left( \frac{D}{S} + 1 \right) ,$$

dove  $T_r$  = tempo di reazione;

TC = tempo ciclo ossia il tempo impiegato per muovere la mano;

S = dimensione dell'obiettivo (es: schermo pannello macchina) misurata nella direzione del movimento;

D = lunghezza del percorso lineare congiungente una determinata posizione e
 l'obiettivo prescelto tramite movimento continuo;

a, b = parametri, nella formula originale a = 0,230 sec, b =0,166 sec (possono essere ricavati a seconda delle situazioni);

 $log_2 \left(\frac{D}{S} + 1\right)$  viene definito indice di difficoltà.

Per quanto riguarda il tempo di reazione, Hicks e Hyman elaborarono una loro teoria, secondo la quale

$$T_r = \begin{cases} TC & \text{se lo stimolo è unico,} \\ c + d \log_2 N & \text{altrimenti.} \end{cases}$$

N = stimoli equiprobabili/scelte

c, d = parametri misurabili che dipendono dalle condizioni sotto le quali l'azione viene portata a compimento.

Con riferimento alla correlazione fra le rimanenti variabili, le interviste effettuate agli operatori in linea hanno dimostrato come la rapidità di interazione e quindi l'intuitività aumenti al crescere della schematicità della vista fino ad un

 $<sup>^{11}</sup>$  https://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-831-user-interface-design-and-implementation-spring-2011/lecture-notes/MIT6\_831S11\_lec04.pdf https://www.usabile.it/272004.htm

determinato valore, oltre il quale un'eccessiva schematizzazione può indurre l'operatore in confusione. Per la stessa ragione, il medesimo andamento è assunto dalla curva raffigurante la correlazione fra schematicità della vista e chiarezza espositiva dei messaggi (cfr. capitolo 4, paragrafo 1 – Interviste ad operatori, **Appendice III** per correlazione fra le variabili ed **Appendice IV** per dati sulle interviste effettuate).

# 5. Progettazione orientata al sistema vs progettazione orientata all'utente

La progettazione delle HMI può essere affrontata seguendo due approcci differenti: uno, più tradizionale, orientato al sistema ed uno, di più recente elaborazione, orientato all'utente<sup>12</sup>.

Il primo rivolge la propria attenzione alle prestazioni del sistema e si domanda quali siano le funzioni che questo deve offrire ai propri utenti per poi progettarle di conseguenza.

Il secondo, invece, è incentrato sui casi d'uso dell'utente rispetto al sistema, ossia su tutte le possibili modalità di interazione che l'utilizzatore può adottare per dialogarvi insieme e progetta le HMI di conseguenza. L'interactive design pone le proprie basi su questa tipologia di progettazione; i suoi elementi fondamentali sono: le azioni ed il comportamento dell'utente, messaggi chiari ed efficaci, una adeguata rappresentazione visiva, i dispositivi e l'ambiente in cui si verifica l'interazione ed il tempo di durata dell'interfacciamento. I casi d'uso sono complementari alla definizione dei requisiti da parte dell'utente infatti, una volta compreso e specificato il contesto d'uso, vengono delineati i requisiti dell'utilizzatore ed infine viene proposta una possibile soluzione di progetto. La progettazione orientata all'utente prevede, nella sua fase iniziale, un'analisi dei requisiti e, successivamente, una fase ciclica suddivisa in prototipazione, implementazione e rilascio affiancata da una valutazione costante<sup>13</sup>. Una volta effettuato il rilascio, se l'esito è positivo, si esce dal ciclo per accedere allo stadio finale di manutenzione. Prototipazione,

\_

<sup>12</sup> https://elite.polito.it/files/courses/02CIX/2018-2019/slide/07 UsereXperience.pdf

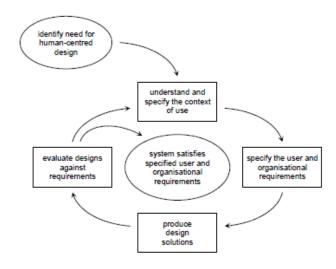
 $<sup>^{13}\</sup> https://www.esa-automation.com/wp-content/uploads/2017/10/04\_Linee-guida-per-la-progettazione-di-interfacce-utente-touch-screen.pdf$ 

implementazione e rilascio sono soggette ad una continua valutazione che permette od ostacola il raggiungimento di ogni fase successiva; in caso di esito negativo si individua il problema nelle fasi precedenti e si effettua una rielaborazione. Questo processo iterativo termina nel momento in cui la valutazione in fase di rilascio ottiene un esito positivo. Le successive iterazioni rimandano al metodo Agile che, in contrapposizione al tradizionale Waterfall, presuppone una maggior flessibilità in fase di progettazione con frequenti variazioni da apportare in corso d'opera. L'obiettivo è infatti quello di consegnare al cliente un prodotto capace di soddisfare le sue esigenze e, per questo motivo, egli dialoga con il progettista ricoprendo dunque un ruolo attivo durante tutte le fasi che costituiscono la progettazione. Questo confronto costante non è assolutamente presente nella progettazione orientata al sistema, in cui l'utente è chiamato in causa solamente in una prima fase iniziale ed in quella finale.

La progettazione orientata all'utente, inoltre, è normata dallo standard ISO 13407 "Human-centred design processes for interactive system" stabilito nel 1999. Essenzialmente, la norma indica aspetti riassumibili in due punti principali: la necessità di competenze multidisciplinari per la realizzazione di un sistema usabile ed il costante coinvolgimento dell'utente in fase di progettazione. Non va inoltre trascurato il fatto che una progettazione orientata all'utente fornisce generalmente sistemi più "usabili" che, conseguentemente, contribuiscono a ridurre i costi relativi alla formazione degli operatori e quelli di supporto ed incrementano la soddisfazione dell'utilizzatore e quindi la sua produttività. La progettazione "user-centered" (altrimenti detta user-centered design - UCD) è costituita da quattro attività principali: capire e specificare il contesto d'uso, specificare l'utente ed i requisiti (ossia definire i criteri per valutare l'usabilità del prodotto in termini di compiti effettuati dall'utente – i.e. quanto rapidamente un utente-tipo riesce a portare a termine un particolare task relativo al prodotto), realizzare una soluzione progettuale, valutare il progetto in base ai requisiti<sup>14</sup>.

-

<sup>&</sup>lt;sup>14</sup> Timo Jokela, Netta Iivari, Juha Matero, Minna Karukka, *The Standard of User-Centered Design and the Standard. Definition of Usability: Analyzing ISO 13407 against ISO 9241-11,* 2003



## FIGURA 13 ATTIVITÀ DELLO USER-CENTERED DESIGN

[Fonte: Timo Jokela, Netta Iivari, Juha Matero, Minna Karukka, *The Standard of User-Centered Design and the Standard. Definition of Usability: Analyzing ISO 13407 against ISO 9241-11*, 2003]



#### FIGURA 14 PROGETTAZIONE ORIENTATA ALL'UTENTE

[Fonte: <a href="https://www.esa-automation.com/wp-content/uploads/2017/10/04\_Linee-guida-per-la-progettazione-di-interfacce-utente-touch-screen.pdf">https://www.esa-automation.com/wp-content/uploads/2017/10/04\_Linee-guida-per-la-progettazione-di-interfacce-utente-touch-screen.pdf</a>]

## 6. Approfondimento: l'evoluzione del ruolo del Project Manager con la metodologia Agile

Con riferimento alla progettazione user-centered, il richiamo alla metodologia Agile per la gestione dei progetti permette di analizzare con maggior dettaglio le differenze principali con un metodo tradizionale di project management, di valutarne i punti di forza e debolezza e di approfondire come varia il ruolo del project manager soprattutto in relazione alla progettazione nel campo di sviluppo software.

La software industry si presenta come un contesto in continua evoluzione, caratterizzato da un'assenza di stabilità poiché i requisiti dei clienti, oggigiorno, oltre ad essere di difficile definizione e comprensione, variano rapidamente così come il mercato e la tecnologia di riferimento. Risulta quindi importante affrontare e gestire in modo ottimale questi cambiamenti, riprendendo una citazione dello sviluppatore Kent Beck: "Everything changes in the software. Requirements change. Design Change. The business changes. The technology changes. The team changes. The team members change. The problem isn't change, per se, because change is going to happen; the problem, rather, is the inability to cope with change when it comes".

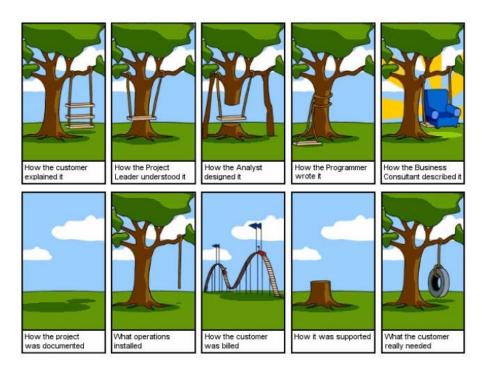


FIGURA 15 VIGNETTA RAFFIGURANTE LA DIFFICILE DEFINIZIONE ED ATTUAZIONE DEI REQUISITI [Fonte: Dispense corso "Gestione dell'innovazione e sviluppo prodotto", Polito a.a. 2017/2018]

La gestione dei progetti, in questo ambito, fino all'inizio degli anni 2000, si basava principalmente sul metodo "Waterfall", teorizzato da Winston W. Royce negli anni '70<sup>15</sup>, riprendendo alcuni concetti proposti nel 1956 da Herbert D. Bennington, che già presentò un modello suddiviso in fasi sequenziali. È il più classico fra i modelli lineari utilizzati per lo sviluppo software, definito in lingua italiana "modello a cascata" poiché prevede l'esecuzione sequenziale di alcune determinate fasi, ciascuna delle quali genera un output che sarà l'input della fase successiva. Si tratta di un modello rigido, appartenente alla categoria dei metodi predittivi, che ha come punto di forza un'intensa fase di pianificazione prima dell'esecuzione di ogni azione. Viene dunque stabilita una schedulazione rigorosa che non prevede sovrapposizioni fra le varie attività, le comunicazioni sono generalmente di tipo formale ed ogni fase deve essere accompagnata da una documentazione scritta adeguata, la cui approvazione è condizione necessaria per passare allo stadio successivo (legame finish-to-start fra le attività). La fine di ogni singola fase è detta "milestone" ed i suoi risultati non sono più modificabili; in generale, se è necessario apportare delle modifiche in corso d'opera, bisogna ripartire dalla fase iniziale, data la rigidità del modello stesso. Inoltre, ogni singola fase del modello Waterfall ha dipendenze casuali e temporali con le altre e si avvale della presenza di personale con specifiche competenze, in relazione alla posizione che occupa nella sequenza. In aggiunta, il cliente vede il prodotto solo nella fase finale del progetto quindi, se ha necessità di apportare modifiche, queste saranno costose e difficili da gestire.

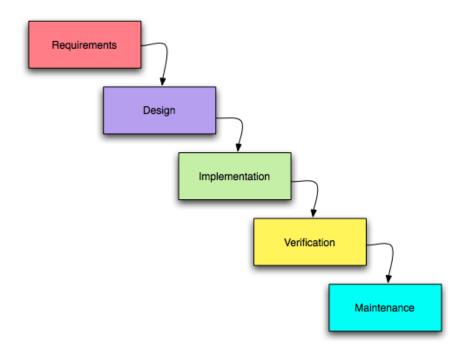
#### Le fasi sono le seguenti:

Analisi dei requisiti: la comunicazione con l'utente avviene esclusivamente nella fase iniziale. Si tratta di identificare i requisiti (sia del sistema che del software) e selezionarli per poi redigere un documento dettagliato di analisi funzionale. Generalmente, queste azioni sono precedute da uno studio di fattibilità che ha il compito di esaminare costi, risorse e benefici del progetto in questione per capire se effettivamente questo possa essere avviato;

\_

<sup>&</sup>lt;sup>15</sup> Royce, W.W., 1970, "Managing the Development of Large Software Systems", Proceedings of IEEE WESCON (August) -

- Design: la progettazione si suddivide nei seguenti due macro-livelli, logical design e physical design<sup>16</sup>. Nel primo, di più alto livello, l'analista utilizza le informazioni raccolte durante la fase precedente per progettare il sistema indipendentemente da hardware e software. Dopo averlo completato, lo trasforma in physical design in base alle specifiche proprie della tecnologia hardware e software in questione, rispettando i vincoli e gli obiettivi stabiliti in precedenza;
- Implementation/Coding: gli sviluppatori implementano il programma seguendo i requisiti e le specifiche stabilite negli step precedenti. Questa è la fase in cui avviene lo sviluppo in linguaggio di programmazione e l'output sarà costituito dai moduli implementati;
- Verification: il codice viene testato a livello di modulo e nel suo complesso ed i risultati vengono registrati;
- Maintenance: l'utente utilizza l'applicazione sviluppata che viene sottoposta a manutenzione nel caso in cui si verificassero delle incongruenze con i requisiti definiti nella fase iniziale o degli errori relativi alla fase di progettazione.



 $\label{eq:figura 16 Fasi del Modello Waterfall} Fonte: http://www.umsl.edu/~hugheyd/is6840/waterfall.html]$ 

-

<sup>&</sup>lt;sup>16</sup> http://www.umsl.edu/~hugheyd/is6840/waterfall.html

Tuttavia, già Royce, nel paper pubblicato nel 1970, aveva individuato alcune criticità relative a questo modello ("I believe in this concept, but the implementation described above is risky and invites failure" <sup>17</sup>) e, per porvi rimedio, aveva ipotizzato un processo correttivo di tipo iterativo simile a quello adottato oggi nelle metodologie Agile. Dal punto di vista pratico, il modello a cascata può essere usato se i requisiti iniziali sono ben definiti, chiari e fissi (non devono presentarsi situazioni di ambiguità), se la definizione del prodotto in questione è stabile e non varia nel tempo ed il progetto è relativamente breve. Per quanto riguarda la schedulazione di un progetto gestito seguendo questo metodo, il 20-40% del tempo è speso nelle prime due fasi, altrettanto nelle ultime due ed il rimanente viene investito nella fase di coding. Inoltre, il time-to-market, seguendo questo modello, può risultare più elevato quindi il metodo a cascata non è adatto per progetti destinati a settori in cui i bisogni degli utenti variano rapidamente.

A partire dall'inizio degli anni 2000, iniziò a diffondersi la metodologia di gestione dei progetti Agile, contrapposta al tradizionale metodo lineare Waterfall; nel 2001 venne redatto il "Manifesto for agile software development" e dopo una decina di anni trovò ampia diffusione. Si tratta di una famiglia di metodi definiti "adaptive" poiché si pongono come obiettivo l'adattamento continuo all'evoluzione dei requisiti del cliente; pongono la loro attenzione sull'individuo e sulle sue interazioni, sulla collaborazione con l'utente finale e sulla capacità di rispondere alle variazioni in corso d'opera. Le comunicazioni sono principalmente di tipo informale e spesso verbali, in contrapposizione alla rigorosa documentazione scritta richiesta nel metodo a cascata (è più importante avere deliverables funzionanti ad intervalli frequenti piuttosto che una documentazione minuziosa). Come definito nel manifesto, la priorità maggiore dell'Agile è soddisfare il cliente; i cambiamenti dei requisiti iniziali devono essere accettati in qualsiasi momento e pertanto è richiesto un elevato grado di flessibilità. La caratteristica principale dell'Agile Project Management (APM) è l'iterazione di attività, poiché, diversamente dal metodo Waterfall, le fasi progettuali non seguono un andamento lineare ma ciclico. La schedulazione è definita per macro-task poiché le micro-task sono determinate durante lo svolgimento del progetto stesso, in base ai risultati delle fasi precedenti;

https://leadinganswers.typepad.com/leading answers/files/original waterfall paper winston royce.pdf

<sup>&</sup>lt;sup>17</sup> Royce, W.W., 1970, "Managing the Development of Large Software Systems", Proceedings of IEEE WESCON (August) -

in generale i task vengono suddivisi in piccole parti incrementali che richiedono una pianificazione minima e non a lungo termine. Metaforicamente parlando, con i metodi Agile si conosce la direzione nella quale si sta lavorando ma si è consapevoli che la via per raggiungere la destinazione può cambiare durante il corso del progetto. Come affermato in precedenza, la software industry è un settore turbolento caratterizzato da una continua evoluzione dei requisiti lato utente, pertanto quest'ultima metodologia si adatta in maniera ottimale poiché permette di effettuare variazioni tempestive e di conseguenza non eccessivamente costose grazie ai continui feedback generati dagli utenti<sup>18</sup>.

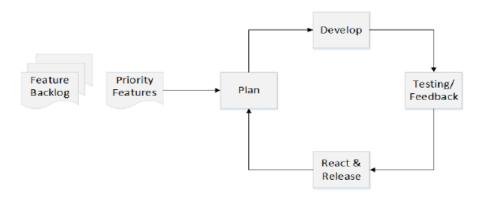


FIGURA 17 CICLO AGILE ADOTTATO PER OGNI DELIVERABLE
[Fonte: https://www.researchgate.net/publication/321212671 Successful Adoption of Agile Project Management in Software Development Industry]

Diversamente da quanto avveniva con la metodologia Waterfall, l'Agile prevede un confronto costante con l'utente che valuta ogni deliverable e, in caso di esito negativo, avvia un processo iterativo del ciclo fino a quando la revisione non viene accettata. Con l'Agile, lo sviluppo del software avviene quindi tramite cicli iterativi in cui tutte le fasi sono connesse insieme ed ognuna di esse rappresenta un feedback per le altre.

In generale, l'Agile è adatto per contesti con un elevato grado di incertezza tecnologica ed imprevedibilità e per settori con ritmi sostenuti dovuti ad una elevata competizione. Nel corso degli anni, sono stati sviluppati diversi metodi appartenenti

<sup>&</sup>lt;sup>18</sup> Kashumi Madampe, "Successful Adoption of Agile Project Management in Software Development Industry", International Journal of Computer Science and Information Technology Research, October - December 2017 - <a href="https://www.researchgate.net/publication/321212671">https://www.researchgate.net/publication/321212671</a> Successful Adoption of Agile Project Management in Software Development Industry

alla famiglia dell'Agile (i.e. Crystal, Dynamic software development method (DSDM), Feature-driven development (FDD), eXtreme programming (XP) e Scrum): fra questi il più utilizzato è lo Scrum.

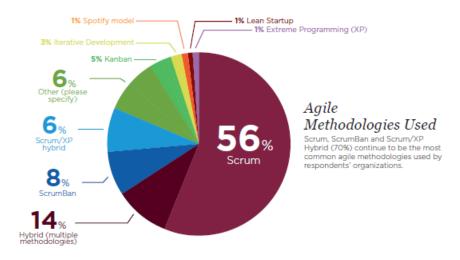


FIGURA 18 DIAGRAMMA A TORTA RAFFIGURANTE LE METODOLOGIE AGILE ADOTTATE [Fonte: 12<sup>th</sup> annual state of agile report – Primavera 2018]

Si tratta di un metodo iterativo diffusosi negli anni '90, facile da capire ma piuttosto difficile da gestire che adotta un criterio iterativo ed incrementale<sup>19</sup>. I tre pilastri fondamentali sono: trasparenza, revisione ed adattamento. Lo Scrum inoltre è caratterizzato dalla presenza di un team cross-funzionale composto da Product Owner, Scrum Master e Development Team e dall'esistenza di cosiddetti eventi, temporizzati e definiti "sprint", al termine dei quali vengono rilasciati "incrementi" del progetto. Con questo metodo, inoltre, il rischio viene minimizzato grazie alle brevi iterazioni che si focalizzano su deliverables definiti in modo chiaro.

\_

 $<sup>^{19}</sup>$  The Scrum Guide – The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game, November 2017

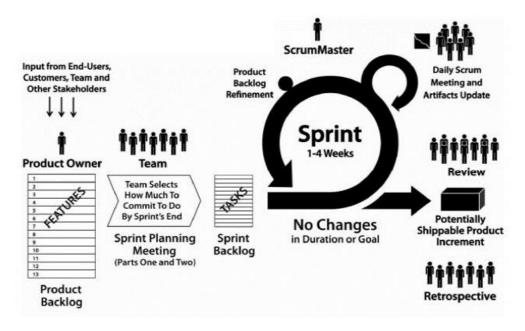


FIGURA 19 METODO SCRUM
[Fonte: https://www.researchgate.net/publication/321212671 Successful Adoption of Agile Project Management in Software

Development Industry]

Ciascuna di queste metodologie (tradizionale a cascata ed Agile) ha dei punti di forza e di debolezza. In particolare, per quanto riguarda il metodo Waterfall i punti di forza sono:

- Facilità di comprensione e d'uso grazie alla linearità del modello;
- Facilità di gestione dovuta alla rigidità;
- Le fasi sono processate una alla volta senza possibilità di sovrapposizione;
- Molti potenziali difetti sono intercettati nelle fasi preliminari di analisi e pianificazione;
- Quando nuovi membri prendono parte al progetto, la documentazione agevola il loro inserimento facilitandone la comprensione del lavoro svolto fino a quel punto;
- Il personale può non avere skill particolarmente elevate in virtù del livello di dettaglio della documentazione<sup>20</sup>;
- L'output viene generato ad ogni stage, pertanto gode di visibilità e sia il project manager che il cliente percepiscono il progresso avvenuto;
- I deliverables sono chiari e ben definiti;

-

<sup>&</sup>lt;sup>20</sup> http://www.humanwareonline.com/project-management/center/pmbok-agile/

• I vincoli temporali di ciascuna fase e la documentazione richiesta agevolano le azioni di monitoraggio e controllo.

## I principali punti di debolezza invece sono:

- Mancanza di coinvolgimento del cliente fino alla fase di testing;
- Mancanza di software funzionante fino alla fase finale del processo;
- Difficoltà ad apportare variazioni una volta che, giunti nella fase di testing, ci si accorge di eventuali errori o mancanze verificatesi nella fase iniziale (impiego di procedure di escalation);
- Alto tasso di incertezza e rischio;
- Non idoneità a progetti complessi, orientati al prodotto e con requisiti potenzialmente variabili;
- Impiego di grandi quantità di tempo per redigere ed aggiornare le documentazioni necessarie;
- Alti costi per tornare a stage precedenti della sequenza del processo;
- Il tempo speso per la pianificazione può ritardare l'implementazione;

## Per quanto concerne il metodo Agile, i punti di forza sono<sup>21</sup>:

- Avvio dell'implementazione rapido e sviluppo incrementale;
- Possibilità di apportare modifiche a lavori in corso, in caso di variazioni dei requisiti iniziali;
- Elevata flessibilità che consente risposte rapide ad esigenze impreviste;
- Collaborazione e dialogo diretto con il cliente;
- Continue revisioni e test.

#### Fra i punti di debolezza si annoverano:

- Grandi quantità di tempo richieste al cliente per il suo coinvolgimento;
- In mancanza di documentazione, il lavoro può procedere in modo indisciplinato o può essere frainteso;
- Si può perdere la prospettiva di lungo periodo dato il focus sul breve termine;
- Se il team non è coeso e dotato di spirito cooperativo, il metodo può risultare inefficace.

<sup>&</sup>lt;sup>21</sup> http://www.humanwareonline.com/project-management/center/pmbok-agile/

Altre differenze fra i due metodi sono mostrate dalle figure sottostanti, dove viene evidenziato il fatto che nel metodo tradizionale prevale la pianificazione (progetti plan driven), mentre con la metodologia Agile è il valore da consegnare al cliente il fattore trainante. Nel primo caso i requisiti sono fissi, mentre le risorse ed il tempo necessari sono stimati; nel secondo caso invece questi ultimi sono fissi mentre le caratteristiche del progetto sono stimate poichè i requisiti possono variare. Altra importante differenza è l'andamento dei costi, sia legati alla pianificazione complessiva sia alle variazioni da apportare in corso d'opera. Per i primi, nell'approccio tradizionale si ha un picco iniziale e una diminuzione progressiva mentre nell'approccio Agile si attestano intorno ad un valore iniziale inferiore e si mantengono pressoché costanti fino alla fine a causa delle continue iterazioni e revisioni. Per quanto riguarda i costi legati alle variazioni, invece, l'approccio Agile li prevede stabili e non particolarmente elevati per tutta la durata del progetto mentre la curva prospettata per il metodo tradizionale prevede un aumento notevole con l'avanzare del progetto.

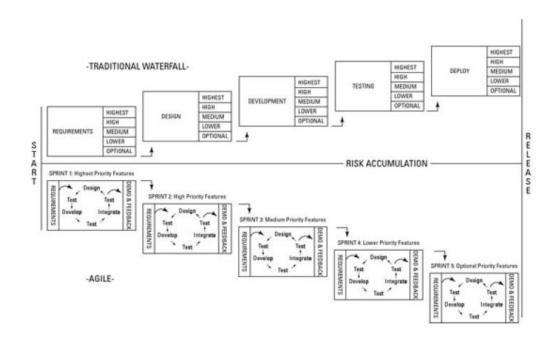


FIGURA 20 WATERFALL E AGILE A CONFRONTO
[Fonte: "Agile Project Management for Dummies", Mark C. Layton]

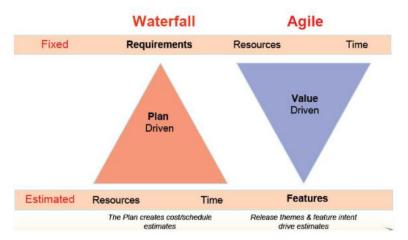


FIGURA 21 WATERFALL E AGILE A CONFRONTO [Fonte: https://www.agilebusiness.org/]

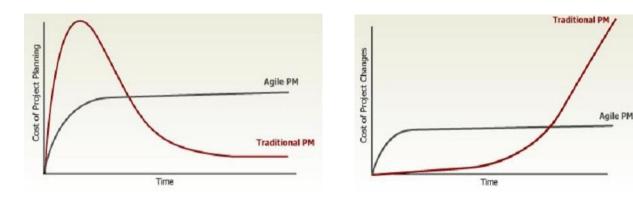


FIGURA 22 ANDAMENTO DEI COSTI A CONFRONTO
[Fonte: http://www.humanwareonline.com/project-management/center/pmbok-agile/]

Data la sostanziale differenza fra le due metodologie analizzate, è evidente che anche le figure coinvolte siano differenti o abbiano comunque dovuto adattarsi ai cambiamenti riscontrati nel passaggio da un metodo all'altro. Una di queste è indubbiamente il project manager; per valutarne i cambiamenti e le nuove caratteristiche occorre tuttavia esaminare più nel dettaglio le figure chiave del metodo Scrum: ScrumMaster, Product Owner, Team di Sviluppo.

Lo ScrumMaster è il "servant leader", aiuta il resto del team a seguire il processo, gli stakeholders esterni a capire quali interazioni siano utili ed i membri del team a migliorare per rendere l'intero gruppo più produttivo e di valore<sup>22</sup>. Lo ScrumMaster è responsabile della comprensione ed attuazione del metodo, costruisce consenso fra i membri del team, agisce per risolvere eventuali conflitti interni ad esso nel caso di insorgenza ed è un punto focale di comunicazione sia interna al team che esterna. Il suo ruolo può essere accostato a quello del project manager dell'approccio tradizionale.

Il Product Owner (PO) ha la responsabilità di massimizzare il valore del prodotto e del lavoro svolto dal team. Pertanto, deve definire le caratteristiche del prodotto e dar loro una determinata priorità, guidare efficacemente lo sviluppo del progetto e, per poter fare ciò, deve conoscere i bisogni degli utenti per far sì che l'output finale del progetto li soddisfi. Inoltre, il PO segue gli interessi di tutti gli stakeholder, il suo scopo è produrre valore sia per l'utente finale che per l'azienda (infatti sua è anche la responsabilità di massimizzare il ROI)<sup>23</sup> e risponde della gestione del cosiddetto Product Backlog.

Il Team di Sviluppo è un gruppo auto-organizzato di professionisti crossfunzionali (devono avere tutte le competenze necessarie per realizzare ogni incremento del prodotto) variabili in numero in un range che generalmente va da 5 a 9. È responsabile dello sviluppo del prodotto e del testing delle funzionalità, della selezione degli obiettivi di ogni sprint, della sua organizzazione e, naturalmente, del suo operato.

Con riferimento allo Scrum, il concetto di "sprint" indica un periodo che dura dalle due alle quattro settimane (temporizzazione stabilita prima che questo inizi) durante il quale il team crea un incremento del prodotto, potenzialmente consegnabile al cliente. L'insieme di caratteristiche di prodotto che confluiscono in ogni sprint derivano dal cosiddetto "product backlog", ossia un set di requisiti di alto livello a cui viene data una priorità dal PO; è un elenco ordinato di idee per il prodotto, mantenuto nell'ordine in cui ci si aspetta di svilupparlo. Il Product Backlog viene aggiornato durante ogni sprint; prima dell'inizio di ognuno di essi c'è uno Sprint Kickoff Meeting, in cui il team definisce lo "sprint backlog" ossia l'insieme degli elementi di Product Backlog che porterà a termine nello sprint in questione. Inoltre, durante ogni sprint il team effettua degli incontri giornalieri

<sup>&</sup>lt;sup>22</sup> The Scrum Guide – The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game, November 2017

<sup>&</sup>lt;sup>23</sup> http://www.susannafer.com/wordpress/il-ruolo-del-product-owner/

chiamati "Daily Scrum Meetings" ed al termine una "Sprint Review", ossia un riassunto di ciò che il team ha realizzato durante lo sprint ed uno "Sprint Retrospective" atto ad analizzare gli aspetti positivi, negativi e migliorabili di ogni sprint appena portato a termine per poi effettuare lo "Sprint Planning" successivo.

In questo contesto, l'Agile Project Management si pone l'obiettivo di gestire l'impatto della complessità e dell'incertezza del progetto; la figura del project manager ha indubbiamente subìto delle trasformazioni e non è effettivamente chiaro se il suo ruolo sia ancora riscontrabile in quella che viene definita "agile software industry". A questo proposito, il paper "Does the Project Manager still exist in Agile Software Development Projects?" (Yogeshwar Shastri, Rashina Hoda, Robert Amor - 2016) ha approfondito la questione ponendosi come obiettivo il fatto di capire in che misura il "project manager" esista nei progetti di sviluppo software e svolga il suo ruolo e se, in tal caso, il titolo "project manager" sia ancora adottato.

Innanzitutto, nella definizione tradizionale, il project manager è la persona scelta per la guida del team e responsabile del conseguimento degli obiettivi del progetto<sup>24</sup>. Il suo ruolo e le sue responsabilità ricoprono una varietà di aree quali leadership, team building, comunicazione, motivation ed influencing, decision making, consapevolezza politica e culturale, abilità nella negoziazione, conflict management, pianificazione, supervisione, budgeting e coaching. Il PM viene anche definito "skilled technician", con il compito di controllare tempi e costi del progetto. Nei metodi ASD (Agile Software Development) come Scrum ed eXtreme Programming (XP), la definizione "project manager", di per sé, non viene più utilizzata ma è stata sostituita da altre che identificano nuovi ruoli. Nello Scrum questi sono "Product Owner" e "ScrumMaster" dove il primo, come detto in precedenza, rappresenta il cliente finale, guida il team per raggiungere il risultato rispettando i requisiti dell'utente e, in base a questi, assegna le priorità alle caratteristiche del prodotto. Lo Scrum Master, invece, si occupa del funzionamento del team e del rispetto delle metodologie Agile. Nell'XP sono presenti altri ruoli, come ad esempio coach, consultant, tracker, programmer, customer, tester e big boss. Fra quelli citati, quelli che più si avvicinano alla figura del project manager

\_

<sup>&</sup>lt;sup>24</sup> PMBOK Guide – Project Management Body Of Knowledge

tradizionale sono lo Scrum Master ed il coach. Quest'ultimo, in particolare, è il responsabile dell'intero processo di sviluppo secondo l'eXtreme Programming.

Analizzando i risultati presentati nel paper "Does the Project Manager still exist in Agile Software Development Projects?" (Yogeshwar Shastri, Rashina Hoda, Robert Amor - 2016)<sup>25</sup> ed ottenuti sottoponendo un questionario ad un campione di 97 lavoratori professionisti operanti in ambito software secondo una metodologia Agile, emerge che circa il 67% dei rispondenti afferma che nella gestione Agile del loro progetto vi è tuttavia la figura del project manager, mentre il rimanente 33% dichiara che questa non è presente.

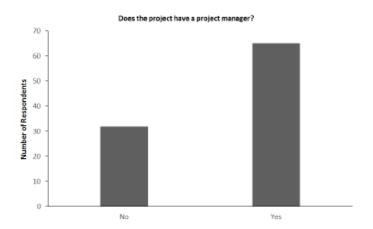


FIGURA 23 ISTOGRAMMA

[Fonte: https://www.researchgate.net/publication/308796930 Does the Project Manager Still Exist in A gile Software Development Projects]

Conducendo un approfondimento sulla dimensione dei team, si può notare come il 39% di questi sia composta da un numero di membri compreso fra 5 e 10, il 23% da 10-15 persone, il 15% da più di 25 (dato non presente sull'istogramma presente nella figura sottostante), il 13% da 0-5 persone, il 5% da 20-25 ed il 4% da 15-20.

\_

<sup>&</sup>lt;sup>25</sup>https://www.researchgate.net/publication/308796930 Does the Project Manager Still Exist in Agile Soft ware Development Projects

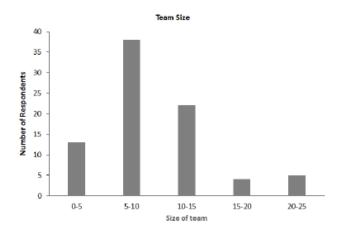


FIGURA 24 ISTOGRAMMA

[Fonte: https://www.researchgate.net/publication/308796930 Does the Project Manager Still Exist in A gile Software Development Projects]

Effettuando delle analisi statistiche di tipo descrittivo, il paper dimostra che vi è una relazione tra la presenza/assenza del project manager e la dimensione del team. In particolare, i dati riportati in tabella mostrano come, nel caso di presenza del PM, le percentuali più consistenti siano registrate in team di dimensione compresa fra 5 e 15 membri ed in team molto numerosi (> 25 membri); probabilmente quest'ultimo caso è giustificato dal fatto che un metodo Agile risulta di difficile attuazione e gestione così come il coordinamento interno. Fra gli individui costituenti il campione dichiaranti che il PM non è presente nel loro team, la percentuale maggiore rilevata (53%) si riscontra nel range 5-10 e, seppur in misura molto inferiore, anche negli intervalli 0-5 e 10-15 (15,6%). È importante sottolineare anche che molte organizzazioni implementano un metodo Agile a livello di team ma, ad un livello superiore, è presente un project manager che ne coordina l'aggregazione.

TABELLA 2 DIMENSIONE TEAM E PRESENZA/ASSENZA DI PM

[Fonte: https://www.researchgate.net/publication/308796930 Does the Project Manager Still Exist in Agile Software Development Projects]

Team Size	PM present	PM not present
0-5	8(12.3%)	5(15.6%)
5-10	21(32.3%)	17(53.0%)
10-15	17(26%)	5(15.6%)
15-20	3(4.6%)	1(3.1%)
20-25	3(4.6%)	2(6.3%)
>25	13(20%)	2 (6.3%)
Total	65	32

Un altro risultato interessante è la relazione emersa fra la presenza/assenza del PM e la locazione del team stesso, distinguendo se il team si trova nello stesso luogo (condivide gli spazi) oppure se è "distribuito". La tabella sottostante mostra come il PM non sia presente nella maggioranza dei casi se il team non è "distribuito" mentre nel caso contrario la presenza del PM è rilevata nel 60% dei casi. Questo perché è sicuramente meno complicato implementare una metodologia Agile se il gruppo di lavoro è localizzato in spazi condivisi.

TABELLA 3 LOCALIZZAZIONE TEAM E PRESENZA/ASSENZA DI PM
[Fonte: https://www.researchgate.net/publication/308796930\_Does\_the\_Project\_Manager\_Still\_Exist\_in\_A
gile\_Software\_Development\_Projects]

Team Location	PM is present	PM not present
Colocated	26(40%)	18(56.2%)
Distributed	39(60%)	14(43.6%)
Total	65	32

Al giorno d'oggi, data la crescente presenza di persone operanti in grandi aziende multinazionali, non è più inconsueto trovarsi a lavorare con colleghi che non condividono fisicamente lo spazio in cui effettivamente ci troviamo noi. Si parla sempre più spesso, quindi, di team "geographically distributed". Esistono diversi

livelli di distribuzione geografica<sup>26</sup>: i componenti del team possono ad esempio lavorare in diversi edifici appartenenti alla medesima area geografica (i.e. stessa città oppure può essere il caso di persone che lavorano da casa), in città diverse in giro per il mondo oppure una combinazione delle precedenti alternative. Correlati alla distribuzione geografica vi sono la complessità del problema in questione (più un problema è complesso, più, in genere, richiede la presenza di un numero consistente di componenti che, conseguentemente, comporta la necessità di team geograficamente distribuiti), la richiesta di individui con differenti competenze (difficilmente, in un unico luogo si può avere personale con tutte le competenze richieste) e la distribuzione organizzativa (parte del lavoro può essere dato in outsourcing).

Pertanto, secondo i risultati elaborati dal paper, il titolo "project manager" risulta ancora impiegato anche nei progetti improntati secondo un metodo Agile e la sua figura appare correlata alla dimensione ed alla localizzazione del team di lavoro. Tuttavia, l'effettivo ruolo del PM in ambito ASD rimane un argomento non molto esplorato in letteratura. Recenti pubblicazioni scientifiche<sup>27</sup>, hanno affermato che il manager, nei team strutturati con un metodo Agile, ricoprono essenzialmente quattro ruoli principali: mentore, coordinatore, negoziatore e "adattatore di processo".

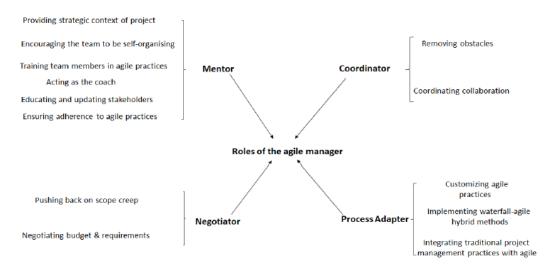


FIGURA 25 RUOLO DELL'AGILE MANAGER

<sup>26</sup> https://www.disciplinedagiledelivery.com/agility-at-scale/geographically-distributed-agile-teams/

https://www.researchgate.net/publication/312077636 Understanding the Roles of the Manager in Agile Project Management

<sup>&</sup>lt;sup>27</sup> Yogeshwar Shastri , Rashina Hoda , Robert Amor, "Understanding the Roles of the Manager in Agile Project Management" – Febbraio 2017

[Fonte:https://www.researchgate.net/publication/312077636 Understanding the Roles of the Manager i n Agile Project Management]

Come evidenzia la figura, il manager, in qualità di mentore, guida e supporta il team nella buona esecuzione delle pratiche Agile (attività generalmente svolte dallo Scrum Master nello Scrum); come coordinatore agevola e coordina il funzionamento del team stesso; in funzione di negoziatore si occupa del budget e dei requisiti del cliente (funzione solitamente svolta dal Product Owner nello Scrum); da "adattatore" di processo adegua le metodologie agile al processo di interesse. <sup>28</sup> In particolare, il paper che approfondisce l'argomento (Yogeshwar Shastri, Rashina Hoda, Robert Amor, "Understanding the Roles of the Manager in Agile Project Management" – Febbraio 2017) sostiene che il ruolo maggiormente diffuso fra i quattro citati sia quello di mentore, mentre quello meno ricoperto sia quello di negoziatore.

In conclusione, in base alle analisi riportate sulle pubblicazioni scientifiche citate si può affermare che di per sé il titolo di "project manager" non è teoricamente proprio di alcuna figura presente nelle varie metodologie Agile. Tuttavia, dal punto di vista pratico, pare che questa figura sussista ancora in alcune organizzazioni, specialmente se queste sono costituite da un elevato numero di componenti o da membri dislocati nello spazio (team "distribuiti"). Inoltre, il project manager ricopre alcuni ruoli che, a seconda della tipologia di metodo implementato appartenente alla famiglia Agile, sono propri di più figure diverse fra loro. In particolare, con riferimento allo Scrum, l'evoluzione del project manager sembrerebbe avvicinarsi ad una figura ibrida con tratti propri del Product Owner e dello Scrum Master. Ciò nonostante, quest'ultimo è indubbiamente colui che quasi interamente ricopre il ruolo del PM, rappresentandone una sorta di estensione dal metodo di gestione tradizionale all'Agile. In quest'ultimo ambito, le caratteristiche che vengono maggiormente evidenziate sono la capacità di gestire il team e di improntarlo all'esecuzione delle corrette procedure Scrum, mentre i compiti relativi al budgeting ed alla profittabilità del progetto vengono ceduti al Product Owner.

<sup>&</sup>lt;sup>28</sup> Yogeshwar Shastri, Rashina Hoda, Robert Amor, "Understanding the Roles of the Manager in Agile Project Management" - Febbraio 2017

https://www.researchgate.net/publication/312077636 Understanding the Roles of the Manager in Agile Project Management

Nei progetti gestiti secondo una metodologia Agile assume carattere di importanza la gestione del tempo e, per estensione, se ci si riferisce all'approccio Scrum, la schedulazione dei vari sprint. In generale, nell'ambito della gestione dei progetti, esistono vari strumenti di schedulazione a livello di "detailed schedule"<sup>29</sup>, quali ad esempio planning (o elenchi di attività), diagrammi a barre (i.e. GANTT) e tecniche reticolari. Fra queste ultime, quella che meglio si adatta ad una gestione Agile potrebbe essere il PERT (Project Evaluation and Review Technique), considerando il suo carattere probabilistico atto a programmare lo sviluppo di progetti in ambiti di elevata incertezza. Altre tecniche adottate oggigiorno sono il Critical Path Method (CPM – sviluppato dalla DuPont Company nel 1957) che considera unicamente valori deterministici, una sua evoluzione chiamata Precedence Diagramming Method (PDM) poiché le attività non sono solo del tipo Finish-to-Start (inizio attività a valle solo una volta terminata quella a monte) ma anche Start-to-Start (l'attività seguente non può iniziare se non è già iniziata la precedente), Finish-to-Finish (la fine dell'attività seguente dipende dal completamento della precedente) e Start-to-Finish (la fine dell'attività seguente dipende dall'inizio dell'attività precedente), il Critical Chain Method (CCM), il Graphical Evaluation and Review Technique (GERT) ed il Critical Resource Diagram (CRD). Il CCM, altrimenti detto Metodo di Goldratt, considera anche l'influenza umana sui tempi di svolgimento delle attività (cfr. calcolo delle stime, sindrome dello studente, legge di Parkinson, multitasking) e la flessibilità creata grazie ai buffer, il GERT ammette percorsi alternativi per gestire progetti anche più complessi, il CRD consente di individuare la distribuzione delle risorse nel tempo ma non risulta fattibile se nell'ambito della stessa attività impiego più risorse.

Il PERT è una tecnica sviluppata nel 1958 dalla Lockheed Martin e dalla Booz Allen Hamilton per l'ufficio Progetti Speciali della U.S. Navy, con l'obiettivo di gestire la progettazione e costruzione di sottomarini nucleari armati con missili Polaris in condizioni di incertezza sui tempi ed interdipendenza delle attività. Dal punto di vista metodologico, il PERT utilizza la curva statistica Beta per rappresentare le durate delle singole attività. Si tratta di una curva con andamento simile a quello di una Normale che, a differenza di questa, può avere una moda non

-

<sup>&</sup>lt;sup>29</sup> Generalmente, nell'ambito di un determinato progetto, vengono redatti tre documenti: overall master schedule (o programma generale di commessa, definito in fase d'offerta), project schedule (o programma ufficiale di commessa, stabilito in avvio di progetto) e detailed schedule (derivato dal project schedule).

coincidente con il valore medio. È una distribuzione di probabilità continua definita da due parametri  $\alpha$  e  $\beta$  in [0,1] che determina a posteriori la probabilità di osservare  $\alpha$ -1 successi e  $\beta$ -1 fallimenti in un processo di Bernoulli. La curva statistica Beta viene rappresentata attraverso un valore modale (generalmente coincidente con il valore medio), un valore ottimistico (a) ed un valore pessimistico (b). Pertanto, il PERT considera l'incertezza previsionale sui tempi realizzativi e per ogni attività si individuano tre durate significative:

- Durata ottimistica (a): corrisponde al tempo minimo richiesto per l'esecuzione dell'attività, nell'ipotesi che tutto vada per il meglio;
- Durata modale (m): corrisponde al tempo verificato con la massima frequenza per quella attività (in caso di mancata esperienza passata si considera un valore medio);
- Durata pessimistica (b): corrisponde al tempo massimo richiesto per l'esecuzione dell'attività, nell'ipotesi che non tutto vada per il meglio.

Le stime di *a*, *b*, *m* vengono effettuate dagli esperti delle specifiche attività del progetto, che si basano sulle proprie conoscenze ed esperienze pregresse. La curva Beta, di fatto, rappresenta l'andamento dei tempi delle singole attività e quindi permette di definire non un tempo univoco per ogni attività ma un intervallo (utile se si lavora in condizioni di incertezza).

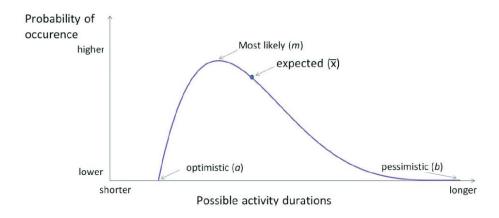


FIGURA 26 DISTRIBUZIONE BETA
[Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Typical-density-function-of-the-PERT-beta-distribution\_fig1\_274169955]

Noti i valori di a, b, m, si possono calcolare valore medio e varianza di ogni attività come segue:

$$Valore\ medio\ M(t) = \frac{a+4m+b}{6}$$

$$Varianza\ var(t) = \frac{(b-a)^2}{36}$$

In questo modo, si procede poi all'individuazione del cammino critico e si può anche calcolare la probabilità di finire entro un determinato tempo ( $T_s$ ) attraverso la normalizzazione rispetto al tempo minimo e alla variabilità sul percorso critico.

$$Prob \ (t \leq T_S) \rightarrow prob \ \left(z \leq \frac{T_S - T_{min}}{\sigma_{T_{min}}}\right)$$

Assumendo che il numero di attività insistenti sul percorso critico sia sufficientemente elevato (almeno 10-15 attività) e che le singole attività siano variabili casuali ed indipendenti, grazie al teorema del limite centrale, i tempi di ultimazione del progetto seguono approssimativamente una distribuzione Normale.

Considerate le caratteristiche appena presentate, la tecnica reticolare PERT appare quindi una fra le più indicate per la schedulazione delle varie attività all'interno degli sprint previsti secondo il metodo SCRUM, proprio perché, a differenza delle altre, gestisce l'incertezza temporale. Tuttavia, presenta un aspetto potenzialmente critico, ossia quello di non prevedere limiti sulle risorse disponibili. Va sottolineato però il fatto che la data di inizio e fine di ogni sprint, una volta stabilite, non possono ulteriormente essere variate. Non si ammettono cambiamenti anche per far sì che i componenti del team si focalizzino su ciò che è più importante e non perdano tempo in attività dall'utilità discutibile.

TABELLA 4 GESTIONE DEL TEMPO SECONDO I DUE APPROCCI [Fonte: https://www.dummies.com/careers/project-management/whats-different-agile-time-management/]

Gestione del tempo con approccio tradizionale	Gestione del tempo con approccio Agile (Scrum)
I project managers definiscono le attività ed il tempo relativo basandosi sui requisiti raccolti all'inizio del progetto.	Durante il progetto, i team valutano costantemente quante attività possono essere completate in un determinato arco temporale.
I team lavorano su tutti i requisiti durante ogni fase del progetto. Non esiste alcuna differenza di schedulazione fra i requisiti considerati "critici" e quelli "opzionali".	I team lavorano organizzandosi in sprint e completando in prima battuta le attività con più alta priorità relative ai requisiti di più alto valore.
Lo sviluppo del prodotto non avviene fino a fasi avanzate del progetto ossia dopo aver raccolto i requisiti e completato le fasi relative al design.	I team avviano la fase di sviluppo prodotto a partire dal primo sprint.
Il Project Manager effettua la schedulazione all'inizio del progetto, quando ancora non si conosce in modo approfondito il prodotto.	I team adattano le stime temporali durante tutto il progetto, man mano che approfondiscono le loro conoscenze sul prodotto e sulla progressione del progetto stesso.

Uno strumento utile per la gestione delle attività nel tempo è la kanban board che permette di controllare visivamente le attività da svolgere, quelle in corso di svolgimento e quelle terminate. Dal punto di vista pratico, le attività vengono scritte su post-it e, in base alla loro progressione, questi vengono spostati ed attaccati nella sezione di kanban board adeguata.



FIGURA 27 KANBAN BOARD
[Fonte: https://www.infoq.com/articles/agile-kanban-boards]

Un metodo efficace di gestione del tempo è la "Pomodoro Technique", sviluppata da Francesco Cirillo nel 1992 ed utilizzata soprattutto in contesti di progettazione software e programmazione. Questa tecnica si basa essenzialmente sull'uso di un semplice timer che scandisce il tempo in fasi di lavoro e di pausa. In particolare, il processo che sta alla base della "Pomodoro Tecnique" è costituito da 6 fasi sequenziali<sup>30</sup>:

- Scegli un'attività da eseguire;
- Imposta il "pomodoro" (ossia il timer) a 25 minuti;
- Svolgi l'attività finché il timer non suona;
- Quando il "pomodoro" suona apponi una spunta sul foglio di lavoro;
- Fai una breve pausa di 5 minuti;
- Dopo quattro "pomodori" (cicli appena descritti) fai una pausa più lunga (20/30 minuti).

La "Pomodoro Technique" è supportata dal ciclo Deming-Shewhart (anche conosciuto come Plan - Do - Check - Act)<sup>31</sup>, ampiamente utilizzato per il controllo e miglioramento continuo dei processi. Questa tecnica, sostanzialmente, sostiene che effettuare delle brevi pause durante lo svolgimento di determinati tasks contribuisca ad incrementare la produttività dell'individuo e sia ideale per

-

<sup>30</sup> https://francescocirillo.com/pages/pomodoro-technique

<sup>&</sup>lt;sup>31</sup> Pomodoro Technique for time management, Nebraska Business Development Center - <a href="https://www.unomaha.edu/nebraska-business-development-center/">https://www.unomaha.edu/nebraska-business-development-center/</a> files/publications/time-management.pdf

combattere la tendenza alla procrastinazione<sup>32</sup> ma presenti lo svantaggio di non poter essere gestita in maniera ottimale ad esempio quando si ha a che fare con interruzioni impreviste.



FIGURA 28 POMODORO TIMER [https://entregurus.com/the-pomodoro-technique/]

## 7. Principi di "good practice"

I punti-chiave per la realizzazione di buone HMI sono:

- Situation awareness;
- Uso efficace dei colori;
- Interpretazione dei dati;
- Rappresentazione dello stato del device;
- Organizzazione del display.

È importante mostrare agli operatori sempre informazioni e non dati grezzi poiché questi potrebbero essere interpretati in modo non adeguato. È altresì fondamentale un uso adeguato dei colori, ricordando, tuttavia, che la variazione di questi non dovrebbe essere l'unico elemento di differenziazione di un determinato stato, poiché circa il 7% degli individui maschi soffre di daltonismo <sup>33</sup>. Sarebbe pertanto opportuno utilizzare anche un altro carattere distintivo.

Con riferimento ai colori utilizzabili, oggi non vengono più adottati toni particolarmente vivaci per le grafiche atte ad indicare condizioni di normale

<sup>&</sup>lt;sup>32</sup> Jia Feng, "An evaluation of the Pomodoro Technique for stopping procrastination and behaviour change" - http://www.cs.bham.ac.uk/~rjh/courses/ResearchTopicsInHCl/2015-16/Submissions/fengjia.pdf

<sup>&</sup>lt;sup>33</sup> È possibile simulare la visualizzazione di soggetti daltonici al seguente link: <a href="http://www.color-blindness.com/coblis-color-blindness-simulator/">http://www.color-blindness-simulator/</a>

lavorazione. Gli sfondi sono principalmente di un grigio piuttosto chiaro e gli allarmi sono magenta, arancione, giallo e rosso, in ordine crescente di priorità.

Color	RGB Values	Sample	Defined Uses
Gray	213, 213, 213		Overall graphic background
White	255, 255, 255		Highlighting of some small items, e.g., PV Quality indications
Light Gray	243, 243, 243		"ON" indication for equipment
Gray	136, 136, 136		"OFF" indication for equipment
Dark Gray	74, 74, 74		Some text, minor process lines
Black	0, 0, 0		Text and labels, major process lines, process vessel outlines. Dark Gray (64, 64, 64) can also be a good choice.
Dark Blue	0, 0, 215		Process values, controller modes and outputs, similar special purposes. Trend line for a single trended value.
Dark Green	0, 128, 0		Controller setpoints and other operator inputs, trend trace of setpoints
Light Green	153, 255, 102		Possible "faint green" for some specific highlighting
Light Blue	187, 224, 227		Desired operating ranges or conditions
Cyan	0, 255, 255		Vessel level strips, trend lines
Brown	204, 102, 0		Trend lines, position feedback indiciation
Pale Red (Pink)	255, 153, 204		Possible "faint red" for some specific indications
Red	255, 0, 0		Top level, Priority one alarm
Yellow	255, 255, 0		Priority two alarm
Orange	255, 102, 0		Priority three alarm
Magenta	255, 0, 255		Priority four alarm for diagnostics
Dark Magenta	204, 0, 102		Trend lines

FIGURA 29 PANEL DEI COLORI

[Fonte: http://www.eng.utoledo.edu/~wevans/chap15 S.pdf]

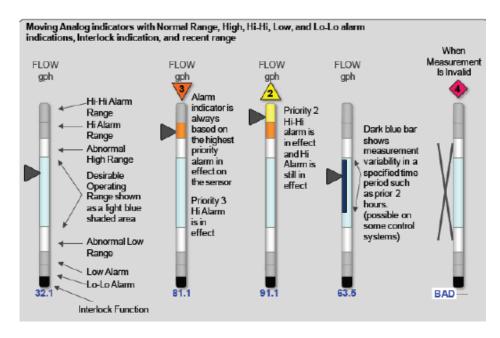


FIGURA 30 ESEMPI DI INDICATORI ED ALLARMI

[Fonte: <a href="http://www.eng.utoledo.edu/~wevans/chap15\_S.pdf">http://www.eng.utoledo.edu/~wevans/chap15\_S.pdf</a> ]

La figura mostra, dal punto di vista pratico, l'uso dei colori appena descritto applicato ad indicatori di flusso. In questo caso, la tipologia di allarme è distinta non solo dal colore ma anche da una figura in cui viene inserito un numero rappresentante il grado di priorità. In questo modo, l'HMI risulta più efficace.

Per quanto riguarda invece la rappresentazione di un trend di temperature rilevate durante un determinato arco temporale, visualizzare solamente i valori, per un operatore può essere fuorviante e non d'aiuto per identificare agevolmente una situazione subottimale. Sarebbe più intuitivo, ad esempio, inserire una linea che colleghi i valori registrati durante le varie rilevazioni; in questo modo, comprendere l'andamento del trend risulta visivamente più immediato.

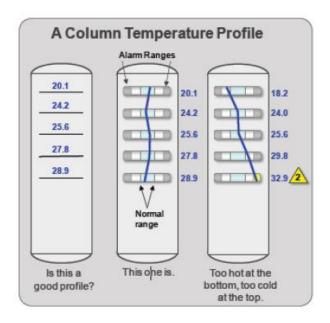


FIGURA 31 ESEMPI DI RILEVAZIONI DI TEMPERATURA SEGNALATE CON E SENZA LINEA DI TREND [Fonte:  $\underline{http://www.eng.utoledo.edu/\sim wevans/chap15\_S.pdf}]$ 

Un'ulteriore osservazione va fatta relativamente alla differenza fra l'adozione o meno di puntatori per identificare un valore lungo una una barra colorata. È preferibile utilizzarli piuttosto che optare per una progressione identificata tramite un solo colore che emerge dallo sfondo. Come si può vedere nella figura sottostante, è più immediato rilevare il valore tramite un puntatore piuttosto che utilizzando barre in cui la percentuale di completamento viene colorata per emergere dallo sfondo. L'occhio umano, infatti, rileva con maggiore facilità la presenza di un elemento (in questo caso corrispondente al puntatore) piuttosto che la sua assenza (percentuale mancante lasciata del medesimo colore dello sfondo).

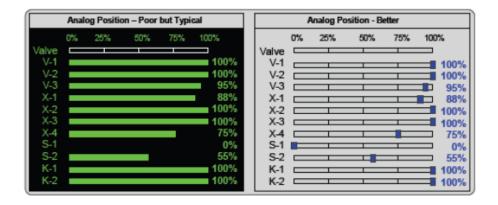


FIGURA 32 ESEMPI DI HMI CON E SENZA UTILIZZO DI PUNTATORE [Fonte: http://www.eng.utoledo.edu/~wevans/chap15 S.pdf]

Per definire il livello di liquido contenuto in un serbatoio, invece, risulta conveniente delineare il trend e porre a fianco del serbatoio stesso un indicatore per il range di allarme. I trend sono utili per cogliere immediatamente l'andamento storico del dato in osservazione e risultano efficaci se integrati nelle varie grafiche.

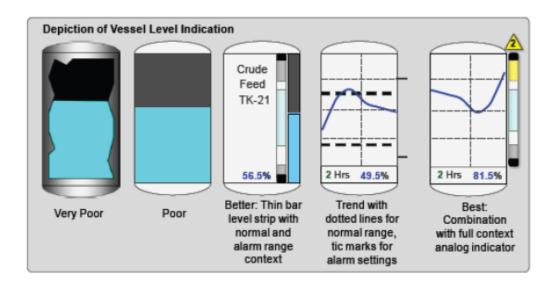


FIGURA 33 ESEMPI DI INDICAZIONE DEL LIQUIDO CONTENUTO IN UN SERBATOIO [Fonte:  $\underline{http://www.eng.utoledo.edu/\sim wevans/chap15\_S.pdf}]$ 

Le interfacce possono, generalmente, essere visualizzate secondo diversi livelli gerarchici che mostrano un livello incrementale di dettaglio. In linea di massima, oltre al primo livello, vengono progettati ulteriormente da uno a tre livelli successivi. Il primo livello, in genere, fornisce un quadro generale della situazione, permettendo una visione d'insieme delle performance attuali del sistema monitorato, mettendo in risalto tutte le unità controllate. Se si vuole approfondire a

livello di unità, ci si può calare nel livello di dettaglio successivo che permetterà di focalizzarsi su maggiori particolari per individuare eventuali situazioni anomale e gestirle in modo ottimale. Normalmente, se questo livello di dettaglio viene progettato in modo adeguato, l'operatore effettuerà qui pressochè la totalità delle proprie azioni e non proseguirà verso livelli di dettaglio maggiori, a meno che non ne abbia la necessità.

## 8. Perché migliorare le HMI e come migliorarle?

Le interfacce uomo-macchina, nell'ambito dell'industria 4.0, hanno subito un percorso evolutivo che ha incrementato le loro performance: si parla dunque di High Performance Human-Machine Interfaces (HPHMI). Questa evoluzione, tuttavia, non si è ancora arrestata e migliorare le HMI continua ad essere importante perché contribuisce a rendere l'operatore maggiormente consapevole del processo lavorativo in cui è inserito, ne aumenta il livello di sicurezza, fa diminuire la probabilità che si riscontrino criticità dovute ad errori umani poiché dovrebbe poter permettere di individuare le situazioni problematiche prima ancora che queste si verifichino e dà maggior rilevanza ai dati. Perciò, le HPHMI sono viste anche come strumento per massimizzare la produzione, l'efficienza, la produttività e, conseguentemente, la profittabilità. La figura sottostante, tratta dal volume "The High Performance HMI Handbook", evidenzia le differenze di performance fra un'HMI tradizionale e un'HPHMI nel caso di situazione anomala. Si riscontrano miglioramenti evidenti sia nell'identificazione del problema prima che questo si verifichi, sia nella gestione efficace della situazione.

	With traditional HMI	With high performance HMI	Results
Detecting abnormal situations before alarms occur	10% of the time	48% of the time	5 x improvement
Success rate handling abornal situations	70%	96%	37% improvement
Time to complete abnormal situation tasks	18.1 minutes	10.6 minutes	41% improvement

'Source: High Performance HMI Handbook

FIGURA 34 DIFFERENZE CON UTILIZZO DI HMI TRADIZIONALI E DI HPHMI [Fonte: "The High Performance HMI Handbook"]

L' evoluzione delle HMI avviene grazie allo sviluppo di tecnologie abilitanti che, a sua volta, è reso possibile da investimenti nel settore che permettono l'espansione del mercato relativo.

Questione centrale rimane il come migliorare per capire in che direzione orientare il cammino evolutivo. A questo proposito, la soluzione più efficace potrebbe essere quella di effettuare due analisi, una teorica ed una pratica. Quest'ultima, in particolare, potrebbe consistere nell'ideare delle personas, ampiamente adoperate nell'ambito del marketing, per ipotizzare degli utenti verosimili e stabilire i loro relativi casi d'uso. Tutto ciò ha la finalità di definire, nel miglior modo possibile, i requisiti. Come visto in precedenza, seguiranno le fasi di prototipazione, implementazione e rilascio che saranno ripetute iterativamente fino al momento in cui la valutazione avrà esito positivo.

## 9. Innovazione

L'innovazione tecnologica è di fondamentale importanza per un'efficace evoluzione delle HMI, che da sempre tuttavia è stata subordinata alla necessità di migliorare le performance delle macchine di produzione. Di per sé, l'innovazione propria delle interfacce è di tipo technology-push<sup>34</sup> poiché essa si verifica nel

<sup>&</sup>lt;sup>34</sup> La definizione di innovazione technology-push e demand pull, utilizzata di qui in avanti, è mutuata dal testo "Management of innovation and product development" di Cantamessa e Montagna (2016), pag.31.

momento in cui avviene lo sviluppo tecnologico, indipendentemente dalle specifiche necessità del mercato. In sostanza, l'innovazione tecnologica si afferma e successivamente viene adattata al campo delle HMI che, di riflesso, si trasformano. A questo proposito, risulta poi di fondamentale importanza riconoscere quale fra le nuove tecnologie presenti sarà effettivamente di utilità per il settore di interesse e quindi, successivamente, si potrà affermare sul mercato.

In contrapposizione all'innovazione technology-push, si trova l'innovazione di tipo demand-pull. In questo caso, è la domanda da parte del mercato ad orientare in modo esplicito lo sviluppo della tecnologia in una determinata direzione. In quest'ottica, le necessità del mercato sono dunque il trigger del progresso tecnologico.

È anche importante considerare, nell'ambito delle HMI, la necessità di mascherare la complessità propria delle macchine di produzione per meglio coniugarla alle diverse attitudini e propensioni dei vari utenti, sempre più soggetti ad un maggior turnover. Le interfacce, pertanto, filtrano la complessità strutturale e funzionale del sistema per renderlo più facilmente accessibile. Se da un lato le innovazioni quindi sono di tipo technology push, dall'altro i bisogni propri di questi utenti, contribuiscono a far affermare sul mercato, in un momento successivo, la tecnologia ritenuta migliore, ossia di maggiore utilità per l'utilizzatore.

Seguendo la tassonomia proposta da Henderson e Clark nel 1990, in base alla tecnologia e alle relazioni fra componenti, l'innovazione può avere carattere modulare, incrementale, radicale ed architetturale.

Relationships between components Reference technologies	Do not change	Change
Change	Modular innovation (e.g. high capacity batteries in cell phones)	Radical innovation (e.g. PCs vs typewriters)
Do not change	Incremental innovation (e.g. faster spinning hard drives)	Architectural innovation (e.g. rear-wheel vs front-wheel drive cars)

FIGURA 35 MATRICE DI HENDERSON E CLARK (1990)

[Fonte: "Management of innovation and product development", Cantamessa - Montagna]

Un'innovazione è di tipo incrementale se, rispetto alla tecnologia precedente, non variano né le relazioni fra componenti né le tecnologie di riferimento. Pertanto, l'architettura e gli elementi funzionali rimangono i medesimi. Generalmente, non è difficile da gestire poiché si replicano le esperienze ottenute con i prodotti precedenti; un esempio può essere lo sviluppo di una nuova geometria per il sistema frenante di un'automobile sviluppato per migliorare la dissipazione del calore.

Un'innovazione ha carattere modulare se invece cambiano le tecnologie di riferimento ma non le relazioni fra i componenti. Può essere difficile da perseguire a livello di singolo modulo poiché richiede una variazione delle precedenti competenze, tuttavia i problemi risultano circoscritti al modulo in questione e quindi lo sviluppo del prodotto completo può risultare relativamente poco complesso da gestire. Un esempio di innovazione modulare è l'adozione di batterie ad alta capacità per i cellulari.

L'innovazione architetturale prevede un cambiamento delle relazioni fra componenti mentre le tecnologie di riferimento rimangono invariate. È di difficile gestione poiché è necessario del tempo per sviluppare le nuove routines organizzative. Può cogliere di sorpresa le aziende poiché in un primo momento possono sembrare innovazioni di carattere minore e, quindi, non vengono trattate in modo adeguato fin da subito. È di tipo architetturale l'innovazione messa in atto per passare da un modello classico di telefono fisso ad un modello di telefono cellulare.

Un'innovazione radicale, invece, è definita tale se cambiano sia le tecnologie di riferimento che le relazioni fra i componenti. Per questo motivo è una tipologia di innovazione difficile da perseguire; nel trattarla, spesso, le aziende vanno molto caute con le variazioni di tipo architetturale e cercano di affrontare un'innovazione radicale come se fosse in realtà modulare. Un esempio di questo tipo di innovazione è il passaggio dalla macchina da scrivere ai moderni pc.

### 10. Curve ad S

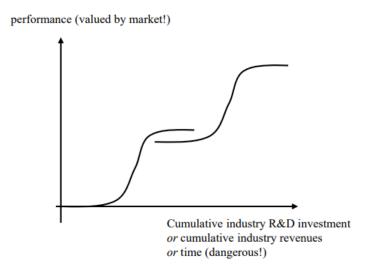


FIGURA 36 ESEMPIO DI CURVE AD S
[Fonte: "Management of innovation and product development", Cantamessa - Montagna]

Prendendo in considerazione un determinato settore industriale ed assumendo di rappresentarne l'andamento tramite un indicatore di performance dei suoi prodotti, si può notare come, su un piano avente in ascissa gli investimenti cumulati in R&D del settore in questione ed in ordinata la performance prescelta e valutata dal mercato, l'andamento della curva risultante sia tipicamente ad S. Un'osservazione importante va fatta in merito alla variabile adottata per l'asse delle ascisse: come detto in precedenza, sarebbe opportuno indicare gli investimenti cumulati in R&D dell'intero settore ma, poiché questi sono spesso difficili da stabilire, sovente si utilizzano i ricavi cumulati come approssimazione, dal momento che le spese in R&D, per ogni settore, ne sono sempre una percentuale pressoché fissa. Quindi, gli investimenti cumulati ed i ricavi cumulati sono due variabili proporzionali. Tuttavia, è frequente anche l'utilizzo della variabile "tempo" che però risulta sbagliato e pericoloso; si tratta di una variabile ingannevole se usata come estensione degli investimenti perché non è detto che, nel periodo considerato, gli investimenti aumentino con il solo incrementare, e quindi trascorrere, del tempo.

Le curve ad S quindi rappresentano un determinato paradigma tecnologico, ossia una determinata traiettoria tecnologica originatasi dall'unione di elementi propri sia del lato domanda che del lato fornitori<sup>35</sup>. Il suo andamento, appunto, non è lineare ma alterna fasi evolutive a fase rivoluzionarie. In una prima fase iniziale la performance è piuttosto scarsa, per poi aumentare notevolmente durante la fase evolutiva, generalmente demand pull perché in questo periodo la tecnologia è data e viene solamente affinata e migliorata secondo le necessità degli utenti. La curva si attesta poi intorno al cosiddetto limite tecnologico, che tipicamente non può essere superato a causa di limiti intrinseci alla tecnologia stessa. Giunti a questo punto, se si vuole incrementare ulteriormente la performance, è necessario adottare una nuova tecnologia e passare, pertanto, ad un nuovo paradigma tecnologico. Questo salto corrisponde ad una fase rivoluzionaria technology-push.

L'emergere di un determinato paradigma tecnologico piuttosto che un altro è dovuto ad una serie di fattori concomitanti: non solo l'influenza di produttori e fornitori ma anche, ad esempio, quella dei fattori complementari. È necessario che le aziende sappiano riconoscere in quale fase del progresso tecnologico si trovano al fine di individuare, ad esempio, il momento adeguato per investire e, in senso più ampio, per agire nel modo più opportuno. Un esempio, in tal senso, sono le funzioni di marketing e R&D che svolgono ruoli differenti, a seconda che si trovino in fase evolutiva o rivoluzionaria. Nella prima, il marketing ha il compito di capire i bisogni dei clienti ed indirizzare, di conseguenza, nella giusta direzione gli sforzi di R&D. Nella seconda, la funzione R&D deve cercare di individuare la tecnologia più promettente in base ai criteri di selezione forniti dal marketing che, in una fase successiva, dovrà anche adoperarsi per convincere i possibili clienti che le caratteristiche della nuova tecnologia si sposano con le loro necessità.

Nel tentativo di rappresentare sul piano i paradigmi tecnologici del settore delle interfacce uomo-macchina, sono state individuate principalmente sei traiettorie ad S. La performance adottata come variabile per l'asse delle ordinate è l'usabilità.

\_

<sup>35 &</sup>quot;Management of innovation and product development", Cantamessa - Montagna

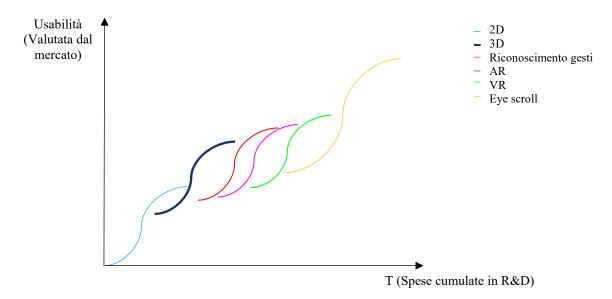


FIGURA 37 CURVE AD S PER HMI

Le tecnologie prese in considerazione sono il 2D ed il 3D riferito alla grafica dei display, il riconoscimento gesti, la realtà aumentata, la realtà virtuale ed il tracciamento ottico. Le curve sono state plottate tenendo in considerazione l'attuale sviluppo delle tecnologie presenti sul mercato e la loro ipotetica evoluzione nel corso del tempo e fornendo una previsione circa il possibile andamento dell'eye scroll, tecnologia considerata tutt'oggi di frontiera. La tabella di seguito mostra il tipo di innovazione presentatosi fra le varie tecnologie, seguendo le definizioni adottate da Henderson e Clark.

TABELLA 5 TIPOLOGIE DI INNOVAZIONE

	Display 2D	Display 3D	AR	Riconoscimento gesti	VR	Eye scroll
Display 2D	-	Innovazione MODULARE	Innovazione RADICALE	Innovazione RADICALE	Innovazione RADICALE	Innovazione RADICALE
Display 3D	Innovazione MODULARE	-	Innovazione RADICALE	Innovazione RADICALE	Innovazione INCREMENTALE	Innovazione RADICALE
AR	Innovazione RADICALE	Innovazione RADICALE	-	Innovazione RADICALE	Innovazione RADICALE	Innovazione RADICALE
Riconoscimento gesti	Innovazione RADICALE	Innovazione RADICALE	Innovazione RADICALE	-	Innovazione INCREMENTALE	Innovazione RADICALE
VR	Innovazione RADICALE	Innovazione INCREMENTALE	Innovazione RADICALE	Innovazione INCREMENTALE	-	Innovazione INCREMENTALE
Eye scroll	Innovazione RADICALE	Innovazione RADICALE	Innovazione RADICALE	Innovazione RADICALE	Innovazione INCREMENTALE	-

Le curve ad S sono un mezzo efficace per tracciare l'andamento di un paradigma tecnologico, tuttavia, alcune volte, possono trarre in inganno o far sorgere delle situazioni problematiche. Non è immediato, infatti, identificare la posizione esatta sulla curva ad S, intuire quale tecnologia emergerà e, di conseguenza, decidere in che direzione orientare i propri investimenti. Risulta inoltre difficoltoso prevedere l'andamento della curva stessa e quindi determinarne i valori. Inoltre, possono essere costituite da molteplici curve ad S innestate l'una sull'altra (fenomeno noto con il nome di product generation) oppure essere soggette al cosiddetto sailing ship effect. Nel primo caso, si può raggiungere un certo grado di saturazione in alcune micro-fasi dell'intera curva ad S ma non è semplice riconoscere se questo verrà seguito da una successiva "product generation" oppure se costituisce un vero e proprio limite tecnologico proprio del paradigma. Nel secondo caso, invece, gli incumbent presenti sul mercato, al sorgere di una tecnologia innovativa, incrementano gli investimenti nella vecchia tecnologia, andandone ad aumentare la performance. Di conseguenza, la nuova soluzione farà più fatica ad affermarsi poiché richiederà investimenti superiori.

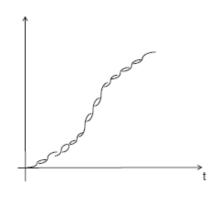


FIGURA 39 PRODUCT GENERATION
[Fonte: "Management of innovation and product development", Cantamessa - Montagna]

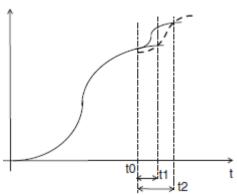


FIGURA 38 SAILING SHIP EFFECT
[Fonte: "Management of innovation and product development", Cantamessa - Montagna]

Per queste varie ragioni, le technology roadmap possono essere utilizzate come valida alternativa alle curve ad S. Sono uno strumento grafico che permette di visualizzare la sequenza temporale delle azioni necessarie per sviluppare una determinata tecnologia ed aiutano ad identificare quale soluzione tecnologica verrà implementata e quando. Le technology roadmap possono essere lette seguendo due modalità differenti: una progressione top-down procedendo da sinistra verso destra

con approccio technology-push ed una progressione bottom-up, con modalità di lettura da destra verso sinistra ed approccio demand-pull.

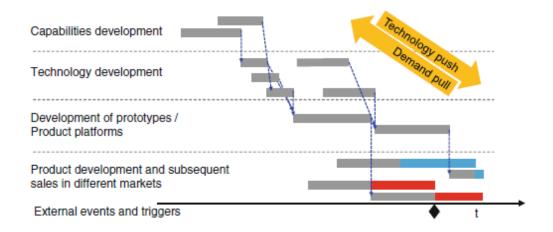


FIGURA 40 TECHNOLOGY ROADMAPPING
[Fonte: "Management of innovation and product development", Cantamessa - Montagna]

In linea di massima, le technology roadmap annoverano alcuni elementi quali lo sviluppo delle capabilities e della tecnologia e, nel caso in cui i prodotti siano raggruppati per famiglie, anche di prototipi e piattaforme. Vi sono inoltre due ulteriori parti, una relativa al prodotto ed al mercato ed un'altra riguardante gli eventi esterni ed i trigger.

In generale, l'innovazione può riguardare quattro diverse categorie che, a loro volta, sono suddivise in dieci tipologie. In particolare, le quattro macro-categorie sono finanza, processi, offerta e consegna di cui la prima suddivisa in business model e networks and alliances, la seconda in enabling process e core process, la terza in product performance, product system e service e la quarta in channel, brand e customer experience.

# Four innovation categories, 10 types

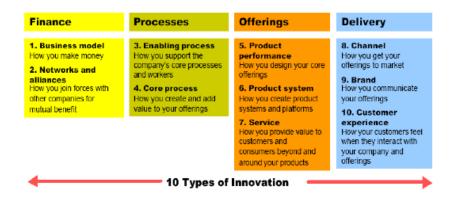


FIGURA 41 CATEGORIE E TIPOLOGIE DI INNOVAZIONE
[Fonte: Dispense corso "Gestione dell'innovazione e sviluppo prodotto", Polito a.a. 2017/2018]

Le HMI possono rientrare in due tipi di innovazione appartenenti alla categoria offerta: product performance e product system. Il primo riguarda le caratteristiche e le funzionalità del prodotto in questione, mentre il secondo i servizi complementari, che, nel caso delle HMI, possono comprendere, in senso ampio, le user-experiences innovative.

In relazione all'adozione delle innovazioni, si fa riferimento alla curva di Rogers (1962) e Moore (1991) che suddivide i clienti in cinque segmenti: innovators, early adopters, early majority, late majority e laggards. La curva di distribuzione è approssimata da una curva normale e ripartita in z = -2, z = -1, z = 0, z = 1, z = 2 per identificare queste cinque categorie. Gli innovators sono all'incirca il 2-2.5% del totale, nel mercato consumer vengono definiti "technology enthusiasts" e trovano interesse nei difetti della tecnologia che sorgono a causa della sua immaturità. Nel B2B corrispondono a società con necessità molto specifiche che, eventualmente, possono investire in modo consistente in R&D.

Gli early adopters sono il 13.5/14%; sono i visionari, coloro che credono che la tecnologia in questione sarà importante in futuro e, perciò, vorrebbero iniziare ad adottarla già nel presente per acquistare esperienza. Sono "trendsetter" ed abili nel passaparola, per cui possono esercitare influenza su altri potenziali nuovi utilizzatori. L'early majority è rappresentata, invece, dai consumatori più pragmatici, che adottano l'innovazione basandosi su costi e benefici; corrispondono al 34% del totale. La cosiddetta late majority ricopre la stessa quota di popolazione

dell'early majority ma è costituita da consumatori conservativi che valutano l'adozione basandosi non solo su costi e benefici ma anche sui rischi e sul cambiamento tecnologico localizzato. Quest'ultima teoria, proposta da Antonelli nel 1995, evidenzia come, al sorgere di una nuova tecnologia, un potenziale utilizzatore valuta attentamente se adottarla o meno, mantenendo, nel frattempo, la vecchia. La valutazione avviene seguendo criteri sia oggettivi (ad esempio costi e benefici) che soggettivi.

Fra gli early adopters e l'early majority, Moore aveva avanzato l'ipotesi dell'esistenza di un chiasmo che le aziende devono riuscire a superare per poter diffondere la loro nuova tecnologia. Infine, il 16% è rappresentato dai laggards, i più scettici. Si tratta di consumatori con necessità particolari o con determinati impedimenti che ne ostacolano l'adozione.

Si potrebbe pensare di adattare il modello di Rogers e Moore anche al mondo B2B per identificare le percentuali di imprese più o meno propense all'adozione di nuove tecnologie e predisposte ad investire in R&D. Le categorie potrebbero rimanere le medesime, tuttavia, a variare potrebbero essere i valori di z della distribuzione normale e, di conseguenza, le percentuali di ogni singola suddivisione.

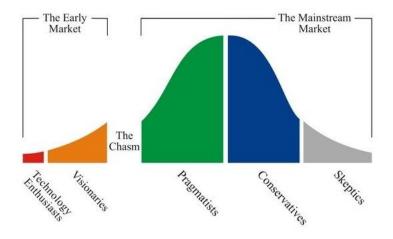


FIGURA 42 CURVA DI ROGERS (1962) E MOORE (1991) [Fonte: https://www.insightsquared.com/2016/01/the-saas-startup-guide-to-crossing-the-chasm/]

In riferimento alla diffusione dell'innovazione, generalmente, si presentano due differenti percorsi possibili: scenario con legge esponenziale negativa (Fourt e Woodlock, 1960) e scenario con curva logistica (Mansfield, 1961). Nel 1969, Bass unì insieme i due modelli per realizzarne uno che risulta oggi il più utilizzato per trattare l'innovazione nelle fasi di incubazione e diffusione. In particolare, il modello di Bass si basa su alcune ipotesi: la domanda è modellata a livello di mercato complessivo, il prodotto considerato è durevole (quindi non soggetto a sostituzione o vendite aggiuntive), la diffusione del bene in questione è completamente indipendente dalla domanda di altri beni (ipotesi forte dal momento che presuppone che non sia né un sostituto né un complemento di altri beni presenti sul mercato), le azioni di marketing dell'azienda sono costanti durante tutto il periodo di diffusione (di norma, però, le aziende non le mantengono costanti ma le fanno variare durante il ciclo di vita del prodotto), il processo di adozione dei clienti è binario, ossia i clienti possono acquistare un solo prodotto.

Il modello di Bass si basa sulla seguente equazione differenziale<sup>36</sup>:

$$n_t = N_{t+1} - N_t = p(M - N_t) + \frac{q}{M} (M - N_t) N_t$$

dove

 $n_t$  sono le vendite al tempo t,

 $N_t$  sono le vendite cumulate al tempo t,

M è la quota di mercato e rappresenta il livello di saturazione della diffusione,

p è il parametro dell'adozione innovativa,

q è il parametro del'adozione imitativa.

Questo modello afferma che in un determinato istante di tempo t, un certo numero di individui  $(M - N_t)$ , che ancora non ha adottato la tecnologia, comincia ad utilizzarla passando così dalla condizione di "non adopters" alla condizione di "adopters". Questo passaggio può avvenire come somma di due diversi fenomeni: adozione innovativa ed adozione imitativa. Il parametro p ed il parametro q indicano una proporzione fissa del numero di "non adopters" che, all'istante t, passa alla condizione di "adopters", in seguito, rispettivamente, ad un'adozione di tipo innovativo o imitativo. Da questi due parametri dipende quindi la forma della curva di diffusione; se l'adozione è prevalentemente innovativa e quindi il parametro q è

\_

<sup>&</sup>lt;sup>36</sup> "Management of innovation and product development", Cantamessa - Montagna

trascurabile, la curva sarà molto simile ad un'esponenziale negativa. Se, invece, l'adozione è in prevalenza imitativa e quindi p trascurabile rispetto a q, la curva assomiglierà ad una curva logistica.

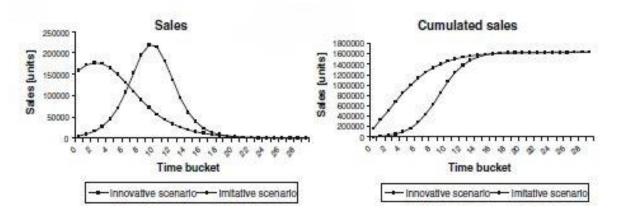


FIGURA 43 CURVE DEI RICAVI REGISTRATI PER OGNI TIME BUCKET E RICAVI CUMULATI PER I DUE DIVERSI SCENARI

[Fonte: "Management of innovation and product development", Cantamessa - Montagna]

L'equazione differenziale del modello di Bass può essere riscritta come segue:

$$n(t) = \frac{dN(t)}{dt} = p[M - N(t)] + q \frac{N(t)}{M}[M - N(t)]$$

che ha come soluzione in forma chiusa

$$N(t) = M \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}}$$

e

$$\frac{dN(t)}{dt} = n(t) = M \frac{p(p+q)^2 e^{-(p+q)t}}{((p+qe^{-(p+q)t})^2}$$

Il modello di Bass può essere adattato anche al caso B2B, rilassando l'ipotesi iniziale che il processo di adozione sia binario. Inoltre, il processo di acquisizione di un bene da parte di un'impresa segue un processo più complicato di quello ipotizzato da Bass: la domanda varia anche in funzione degli sforzi di marketing e il passaparola non risulta rilevante come nel caso B2C.

Se la diffusione dell'innovazione viene rappresentata dal modello di Bass, per il ciclo di vita della tecnologia, invece, viene utilizzato il modello di Abernathy-Utterback (1975).

Secondo questo modello, il ciclo di vita di una tecnologia si suddivide in tre fasi principali: la fase fluida, la fase di transizione e la fase specifica. La fase fluida è quella iniziale, in cui le vendite sono ancora ridotte perché la tecnologia è ancora immatura e le performances, di conseguenza, sono piuttosto basse. Nonostante la domanda ridotta ed i ricavi esigui, il numero di imprese presenti aumenta poiché il settore viene considerato promettente. In questa fase, anche il tasso<sup>37</sup> di innovazione del prodotto è elevato ma non comporta progressi legati alle performance che, come detto in precedenza, rimangono modeste. Questo accade perché le imprese non rivolgono i loro sforzi nella medesima direzione, quindi non risulta possibile dar vita ad un progresso generato come conoscenza cumulata che pone le proprie basi sull'imitazione ed il miglioramento delle invenzioni create dai competitors. Questo orientamento pluridirezionale è sinonimo di una mancata collaborazione che produce, quindi, risultati improduttivi. La fase fluida è seguita dalla fase di transizione in cui le performances della tecnologia migliorano e portano ad un conseguente incremento delle vendite. Questo avviene grazie all'affermarsi di un'architettura di prodotto come dominant design che scatena una sorta di "effetto valanga". Il dominant design, inoltre, permette di avere un design condiviso di modo tale da potersi avvalere delle nuove scoperte dei competitors per creare così un progresso cumulato. In questo modo, le performance del prodotto migliorano ed inducono un aumento della domanda. Il numero di imprese, dopo aver raggiunto il suo punto di massimo, inizia a diminuire perché quelle che non hanno asset e competenze adeguati per sostenere il dominant design, abbandonano il settore o si rivolgono ad un mercato di nicchia. L'andamento del numero di imprese rispecchia quello della curva del tasso di innovazione. Infine, il ciclo di vita della tecnologia volge al termine con la fase specifica, in cui le performances si attestano intorno ad un determinato livello. Le vendite, in questa fase, seguono una curva con andamento a campana, registrando prima un forte incremento e poi un decremento. In questa fase le imprese competono su costi e qualità e spostano la loro attenzione dall'innovazione del prodotto a quella del processo poiché ora che il disegno dominante è stabile e la domanda in aumento, diventa possibile innovare il

<sup>&</sup>lt;sup>37</sup> Come affermato sul volume "Management of innovation and product development", il tasso di innovazione di un prodotto può essere valutato in diversi modi. Quello adottato qui è calcolato come il numero di brevetti associati ad una tecnologia concessi in un anno.

processo. Nella fase specifica il numero di imprese cala notevolmente e si attesta intorno a valori molto limitati.

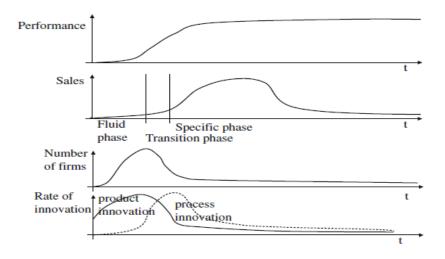


FIGURA 44 MODELLO DI ABERNATHY-UTTERBACK (1978)
[Fonte: "Management of innovation and product development", Cantamessa - Montagna]

Si ipotizza, inoltre, che l'innovazione dei servizi, non presente in figura, sia modellata come una terza onda (Cusumano et al, 2006) che segue l'innovazione di prodotto e di processo. Si assume che nei bundle prodotto-servizio uno dei due prevalga in modo da affermare il proprio disegno dominante e che l'altro, di conseguenza, si comporti come una commodity complementare (ad esempio, nell'ambito delle AR e VR il dispositivo hardware è una commodity). Le HMI possono essere interpretate come unione di un prodotto (hardware/software) e di un servizio (l'user experience da parte dell'utente).

La fase iniziale del ciclo di vita di una tecnologia, che coincide con il periodo di incubazione, è critica poiché, pur essendo la tecnologia ancora immatura, vi è la consapevolezza che la tecnologia possa diffondersi e le attese su di essa vengono gonfiate. Si parla di "hyperinflated expectations" da cui il nome ciclo di "hype", proposto dalla società di consulenza Gartner per le tecnologie inerenti l'ITC. In particolare, il ciclo di hype mostra la posizione corrente delle tecnologie che si trovano nella fase di incubazione e il loro relativo tempo di maturità atteso. Quando una tecnologia appare sul mercato (technology trigger), le attese su di essa crescono fino a diventare irrealistiche (peak of inflated expectations). Se le

attese non vengono rispettate e le aspettative non vengono soddisfatte, la tecnologia non suscita più interesse da parte del mercato che la considera alla stregua di un fallimento (trough of disillusionment). A questo punto la tecnologia matura lentamente e lascia spazio alle prime applicazioni più realistiche (slope of enlightment), fino ad affermarsi (plateau of productivity).

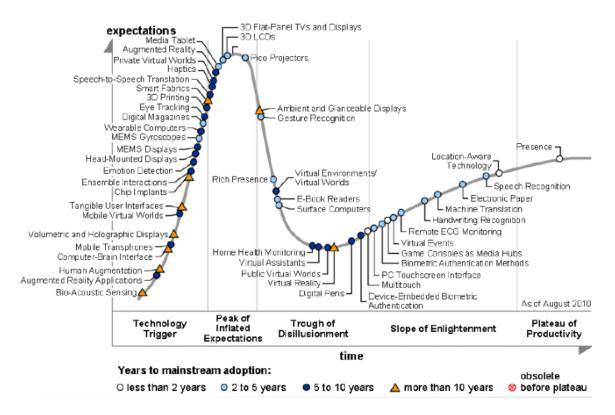


FIGURA 45 CICLO DI HYPE PER HUMAN-COMPUTER INTERACTION, 2010 [Fonte: Gartner, 2010]

La figura mostra il ciclo di Hype per le HCI presentato da Gartner nel 2010. Come si può vedere, le tipologie di interazione sono molte; fra queste, si può notare come le "tangible user interfaces", presenti nella parte di curva di technology trigger, si sono affermate prima di quanto ipotizzato poiché Gartner aveva supposto un arco di tempo superiore ai 10 anni mentre già oggi sono largamente diffusi dispositivi con Human-Computer Interaction di tipo touchscreen. Inoltre, la tecnologia eyetracking, in una posizione a cavallo fra technology trigger e peak of inflated expectations, risulta essere in ritardo rispetto alle previsioni poiché Gartner ipotizzava un periodo variabile dai 5 ai 10 anni per giungere ad un'adozione mainstream mentre, al giorno d'oggi, il tracciamento ottico, è ancora una tipologia di interfaccia considerata "di frontiera" che si sta sviluppando e perfezionando per

affermarsi in futuro. Le tecnologie appena analizzate ed i loro tempi attesi per giungere alla maturità sono stati proposti quasi una decade fa pertanto, rapportandoli con un ciclo di Hype più attuale, si può effettuare un confronto per meglio valutare l'evoluzione delle interfacce negli ultimi anni.

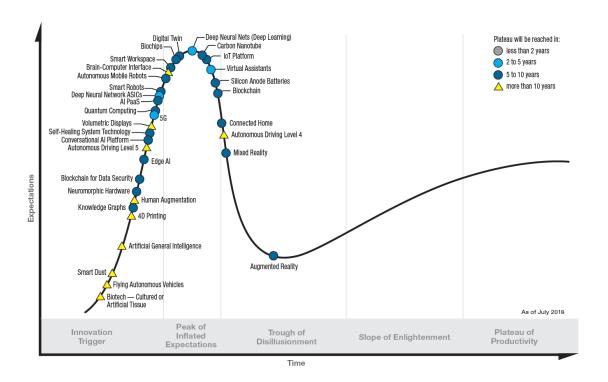


FIGURA 46 CICLO DI HYPE PER LE TECNOLOGIE EMERGENTI, 2018 [Fonte: gartner.com/smarterwithgartner]

La figura mostra un ciclo di Hype proposto da Gartner nel 2018 per le tecnologie emergenti, quindi, a differenza del precedente, non ci si focalizza più solo ed esclusivamente sulle HCI ma su un ambito più generale. La realtà aumentata e la mixed reality, entrambe nella fase di trough of disillusionment, hanno un tempo stimato di attesa prima di giungere alla diffusione sul mercato in larga scala che va dai 5 ai 10 anni. Queste due tecnologie, insieme alla realtà virtuale, sono effettivamente quelle su cui si sta indirizzando il mercato e che in futuro potranno trovare spazio nel campo delle HMI. Fra le tecnologie HMI più vicine ad un'adozione di tipo mainstream vi è poi l'assistente virtuale, che Gartner posiziona a cavallo fra peak of inflated expectations e trough of disillusionment con un tempo atteso per giungere alla maturità pari a 2-5 anni.

## 3. Stato dell'arte e confronto con principi teorici

"Creating an interface is much like building a house: if you don't get the foundations right, no amount of decorating can fix the resulting structure."

Jef Raskin, "The Humane Interface", ACM Press, 2000

#### 1. HMI in adozione

Il miglioramento delle interfacce può avvenire percorrendo due diverse vie che conducono alla medesima destinazione, ossia una superiore usabilità. La prima è definita dall'analisi teorica (analizzata nei capitoli precedenti) e la seconda dall'analisi pratica. Quest'ultima, può ulteriormente essere vista secondo due diverse prospettive: una rispecchia il punto di vista del progettista (sviluppata nel seguito, in questo capitolo) e l'altra il punto di vista dell'operatore (esaminata nel capitolo successivo).

Dopo aver analizzato, in diversi ambiti, il contesto in cui si pongono le interfacce uomo-macchina, per meglio comprendere la loro applicazione ed il loro effettivo stato dell'arte all'interno dell'azienda Ferrero S.p.A., vi è stata la possibilità di osservarne alcune progettate internamente. È importante sottolineare il fatto che gli approfondimenti svolti sono stati effettuati su questo tipo di interfacce poiché, presso lo stabilimento italiano di Alba, alcune HMI sono sviluppate internamente mentre altre da fornitori esterni.

Di seguito verrà analizzata l'interfaccia visualizzata durante le attività su motori di tipo brushless (nello specifico, l'operazione di azzeramento degli assi). Innanzitutto, occorre precisare che alcune operazioni sono rese possibili da qualsiasi pagina presente sulla schermata video, mentre altre sono disponibili solo su pagine dedicate. L'organigramma presente di seguito mostra, per l'appunto, l'insieme delle azioni ammesse in ogni pagina visualizzata.

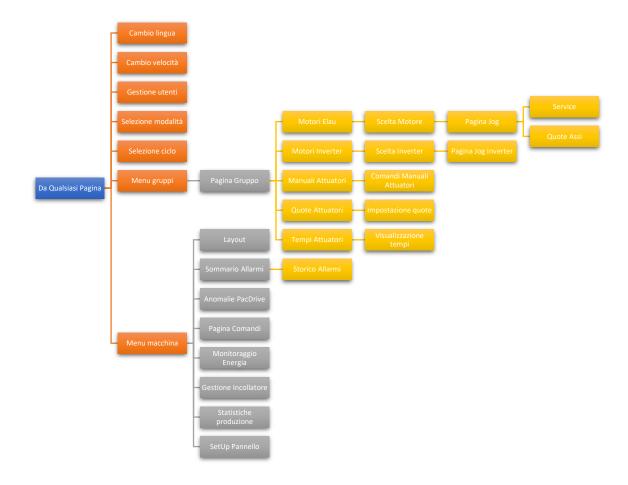


FIGURA 47 ORGANIGRAMMA VISTE
[Fonte: Documentazione di studio – Ferrero ENGINEERING]

L'organigramma dunque ribadisce graficamente il concetto che le selezioni di più alto livello sono ammesse da qualsiasi pagina mentre quelle più dettagliate, effettuate dall'utente per compiere azioni più specifiche, sono rese disponibili solo a livelli superiori poiché richiedono una certa consapevolezza da parte dell'utilizzatore.

In particolare, per le operazioni inerenti ai motori brushless, si fa riferimento alla cella "MOTORI ELAU", che compare solo al terzo livello. La figura sottostante mostra la visualizzazione iniziale; nella parte centrale con sfondo grigio chiaro generalmente vi è il layout della macchina presa in considerazione.

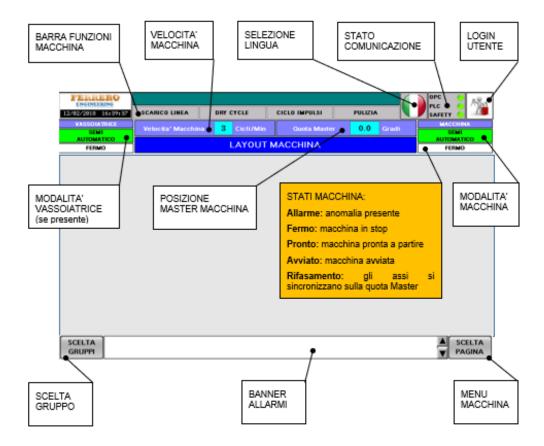


FIGURA 48 ESEMPIO INTERFACCIA OPERATORE
[Fonte: Documentazione di studio – Ferrero ENGINEERING]

Nel menù superiore sono visualizzati:

- data e ora del sistema;
- funzioni speciali della macchina;
- selezione della lingua;
- stato della comunicazione con controllore di automazione e safety (se presente);
- selezione dell'utente;
- velocità della macchina in cicli/min;
- posizione del master virtuale;
- modalità di funzionamento della macchina e della vassoiatrice (se presente);
- condizione attuale della macchina e della vassoiatrice (se presente);

Nel menù inferiore, invece, sono presenti, alle estremità, il pulsante per la selezione dei gruppi e quello delle impostazioni macchina (identificato dalla scritta "SCELTA PAGINA") ed in posizione centrale il banner degli allarmi attivi. Con riferimento alle opzioni presenti nel menù superiore, la cella della funzione della macchina eventualmente attiva diventa di colore verde. Questo meccanismo di feedback consente all'operatore di intuire quale funzione stia svolgendo la macchina in un determinato istante; inoltre, per abilitare una particolare funzione è necessario premervi sopra, di modo tale da avere accesso al menù di attivazione e poter così premere il selettore desiderato. Le funzioni concesse sono quattro: scarico linea, dry cycle, ciclo ad impulsi e ciclo di pulizia. Per scarico linea si intende un ciclo produttivo con protezioni attive; viene terminata la lavorazione del prodotto presente nella macchina fino al suo completo svuotamento. Il dry cycle, invece, è un ciclo di funzionamento a vuoto (pertanto non produttivo) della macchina con protezioni attive; così come il precedente, anche il ciclo ad impulsi non è produttivo ma si tratta di un ciclo di funzionamento con azione mantenuta del comando della pulsantiera di JOG. Il ciclo di pulizia, infine, è un ciclo di funzionamento per la pulizia delle tapparelle, in cui vengono movimentate soltanto le catenarie. Alcune funzioni, tuttavia, possono non essere concesse in determinati momenti; per questo motivo su alcuni selettori è presente un lucchetto che non ne permette la selezione. Questo rispecchia uno dei principi di Norman, ossia quello dei vincoli. Infatti, in tal caso, le scelte risultano, appunto, vincolate, non essendo tutte possibili. Inoltre, per l'attivazione delle funzioni macchina, è sempre necessario utilizzare la pulsantiera (vedi figura in Appendice I) per arrestare la linea prima dell'attivazione tramite il pulsante rosso di STOP (attendere l'arresto completo della macchina e la spia verde lampeggiante sul pulsante di START) ed infine, una volta che il Master virtuale ha raggiunto la posizione di zero gradi e che si è attivata o disattivata la funzione desiderata, procedere con il riavvio tramite il pulsante verde di START.

Per effettuare la quasi totalità delle azioni è necessario che l'operatore effettui il log-in per registrare la propria figura operativa ed avere accesso a tutto ciò che gli è consentito. Pertanto, l'utente deve premere sul pulsante presente nell'angolo in alto a destra, di modo da far successivamente comparire la schermata riguardante la gestione utenti ed i relativi livelli di accesso, dove potrà loggarsi inserendo

username e password. In questo caso, una volta effettuato correttamente il log-in, la cella relativa alla figura professionale ricoperta viene evidenziata in giallo contemporaneamente alla comparsa, appena al di sotto di essa, di un simbolo raffigurante un mazzo di chiavi che consente l'accesso alle operazioni permesse all'utente in questione.

Per effettuare un adeguato confronto fra le interfacce adottate (in particolare quella relativa alle impostazioni sui motori brushless), occorre ricordare, in modo breve e conciso, i principi teorici che vengono assunti come riferimento. Come analizzato in precedenza, la teoria su cui si basa l'interactive design è stata elaborata nel secolo scorso principalmente da tre importanti studiosi che si sono distinti nel loro ambito di ricerca: Norman, Nielsen e Shneiderman. Alcuni concetti vengono approfonditi da più di un autore mentre altri sono prerogativa di uno soltanto. Nello specifico, i principi di Norman sono sei: affordance, significanti, mapping, vincoli, feedback e modello concettuale. Le euristiche di Nielsen, invece, sono dieci: visibilità dello stato di un sistema, corrispondenza fra sistema e mondo reale, controllo e libertà, consistenza e standard, prevenzione dell'errore, riconoscimento anziché ricordo, flessibilità d'uso, design ed estetica minimalista, aiuto all'utente, documentazione. Le regole d'oro di Shneiderman sono otto e sono rivolte prevalentemente all'ambito desktop, mobile e web: coerenza a tutti i costi, usabilità universale, offrire riscontri informativi, dialogo con gli utilizzatori, prevenire gli errori, assicurare la reversibilità delle azioni, garantire il controllo degli utenti, ridurre il carico di memoria a breve termine. Al fine di effettuare un confronto efficace, occorre tenere in considerazione ciascuno dei concetti appena citati; tuttavia, alcuni risultano più rilevanti di altri poiché la loro mancata applicazione potrebbe influire maggiormente sull'usabilità delle interfacce stesse. Pertanto, il confronto si focalizzerà principalmente sulla presenza/assenza di affordance, sui vincoli rivolti alle azioni dell'utente, su feedback immediati e facilmente comprensibili che permettano un agevole superamento del golfo della valutazione teorizzato nel modello di Norman, su un appropriato linguaggio utente (capace dunque di stabilire un'adeguata corrispondenza fra sistema e mondo reale), sulla prevenzione dell'errore, sull'aiuto utente e sulla coerenza fra le varie viste.

Esaminando l'interfaccia che permette di accedere alle impostazioni dei motori brushless si ritrovano molti di questi concetti. Questo significa che, in fase di progettazione, si è tenuto conto degli aspetti relativi all'interactive design atti a rendere efficace ed intuitiva l'interazione uomo-macchina. La macchina è suddivisa in gruppi, ognuno dei quali esegue una fase specifica di lavorazione sul prodotto, quindi dalla pagina visualizzata inizialmente bisogna premere sul pulsante "SCELTA GRUPPI" (presente nell'angolo di sinistra del menù inferiore) per selezionare quello su cui si vuole agire. A questo punto si giunge alla schermata sottostante, nella quale occorre selezionare la cella "MOTORI ELAU" per poter successivamente visualizzare tutti i motori disponibili e scegliere quello desiderato.

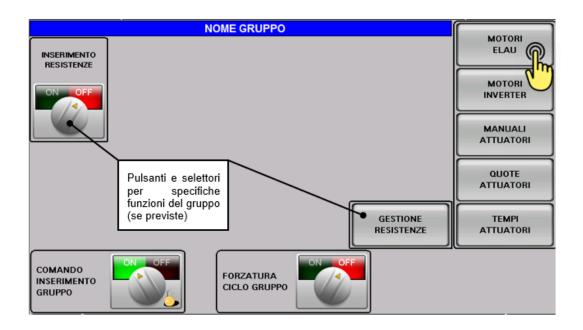


FIGURA 49 HMI PER SCELTA GRUPPI
[Fonte: Documentazione di studio – Ferrero ENGINEERING]

A questo punto si giunge alla schermata specifica del motore, nella quale è possibile avere sotto controllo tutte le caratteristiche del motore in questione.

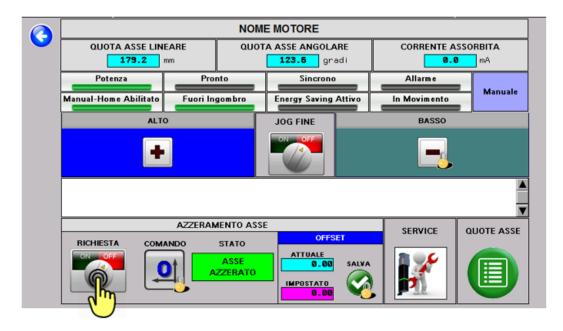


FIGURA 50 HMI SPECIFICA MOTORE
[Fonte: Documentazione di studio – Ferrero ENGINEERING]

Nella parte superiore vengono visualizzati i valori delle quote dell'asse lineare (posizione della meccanica rispetto al riferimento di zero dell'asse), di quello angolare (posizione dell'albero dell'asse) e della corrente assorbita. Sempre nello stesso modulo vi sono poi alcune celle che definiscono le caratteristiche correnti del motore: potenza (se l'asse è in coppia), pronto (l'asse è in attesa di start), sincrono (l'asse è rifasato sulla quota del Master), allarme (se l'asse è in allarme), Manual-Home abilitato (se è presente l'abilitazione all'asse per JOG/Home), fuori ingombro (se l'asse è in posizione di sicurezza), energy saving attivo (se è attiva la modalità di risparmio energetico che disabilita gli assi verticali quando la macchina rimane in condizione di stop a lungo, superando un determinato tempo preimpostato), in movimento (se l'asse si sta effettivamente muovendo). Nella parte inferiore di tali celle è altresì presente una barra che indica se tali caratteristiche sono effettivamente presenti (colore verde) o assenti (colore grigio). Nella parte centrale, invece, vi sono i comandi JOG all'asse ed un banner di allarmi specifico per l'asse selezionato. La parte inferiore può essere suddivisa in tre sottoparti: un modulo nominato "Azzeramento asse" che comprende pulsanti riguardanti lo stato ed i comandi per l'azzeramento degli assi, una cella denominata "Service" che rimanda alla pagina di monitorizzazione dell'asse ed una definita "Quote asse" che,

come suggerisce la dicitura, permette di accedere alle impostazioni delle quote dell'asse. Tramite questa visualizzazione è possibile effettuare alcune azioni, quali ad esempio la movimentazione manuale di un asse o il suo azzeramento. Quest'ultima, ad esempio, deve essere effettuata esclusivamente da personale di manutenzione qualificato (possibile se si effettua il log-in con username "elettronico") poiché non è una normale procedura operativa ma permette di inizializzare la posizione di riferimento di un motore brushless ogniqualvolta questo venga sostituito e dopo ogni operazione di regolazione meccanica tale da provocare uno sfasamento relativo tra la posizione dell'organo movimentato e la posizione dell'albero. Prima di eseguire l'azzeramento dell'asse occorre comunque arrestare la linea premendo, sulla pulsantiera, il pulsante rosso di STOP; una volta che la macchina si arresta completamente e che il Master Virtuale raggiunge la posizione di zero gradi, si può premere su "richiesta". Successivamente comparirà un messaggio pop-up che, data l'importanza dell'operazione, richiede ulteriormente di confermare l'azione compiuta e indica il corretto procedimento da seguire. Quando sul pulsante di richiesta il selettore si orienta su ON che, di conseguenza, diventa di un colore verde acceso, è possibile premere la cella "comando" fintantoché nella casella a fianco indicante lo stato corrente non compare la dicitura "asse azzerato". A questo punto la procedura risulta terminata con successo.

Effettuando un confronto fra le viste mostrate dai pannelli-macchina durante le varie fasi della procedura appena presentata ed i principi teorici citati in precedenza, si possono evidenziare alcuni elementi su cui si potrebbero effettuare degli approfondimenti per aumentarne, potenzialmente, l'usabilità. In particolare, l'analisi è effettuata esaminando in ordine cronologico ogni singola azione effettuata dall'utente e cercando di sviscerare la disposizione e visualizzazione grafica delle interfacce in questione. In una prima fase iniziale, la vista che compare all'utente è quella presente in FIGURA 48; attraverso di essa, senza effettuare il login iniziale, l'utente in sostanza non può effettuare alcuna operazione, se non quella di selezione della lingua. Pertanto, per procedere, risulta necessario loggarsi nel sistema premendo sul pulsante presente nell'angolo superiore sinistro. Tuttavia, questa azione, se si guarda la pagina dell'interfaccia può non risultare del tutto immediata ed intuitiva ma non per il simbolo utilizzato, che ne richiama effettivamente l'idea, ma piuttosto per l'azione di per sé. Infatti, può non essere

intuitivo, per un utente medio, effettuare il log-in se questo non viene esplicitamente richiesto. Si potrebbe, ad esempio, pensare di inserire una finestra pop-up con campi da compilare obbligatoriamente prima di accedere alla visualizzazione iniziale, quindi in una ipotetica "fase 0" di interazione fra l'utente e la macchina. In questo modo, l'user non dovrebbe nemmeno porsi il problema di chiedersi "quale pulsante devo premere? / dove devo andare?", coerentemente con il motto "Don't make me think". Si potrebbe inoltre pensare di progettare l'interfaccia in modo tale che ogni volta che si effettua un log-out, automaticamente compaia la pagina log-in che richieda all'utente futuro di loggarsi per ogni accesso successivo. Procedendo con l'analisi, si può inoltre precisare che, nel menù superiore, i moduli della vassoiatrice e della macchina stessa potrebbero essere disposti sulla destra o sulla sinistra in base alla loro effettiva disposizione spaziale (richiamo al principio di mapping presentato da Norman) per poi mantenere, tuttavia, sempre questa disposizione per rispettare il principio di coerenza e non creare confusione nell'operatore. Proseguendo con l'azione seguente, ossia quella di inserimento username e password per effettuare il log-in, un aspetto particolarmente positivo è il feedback che viene mostrato dal sistema in caso di accesso avvenuto con successo (vedi figure in Appendice I). In questo caso, infatti, la cella che indica il ruolo dell'operatore diventa colorata e, al di sotto di essa, compare un mazzo di chiavi di cui una inserita in una ipotetica serratura per indicare l'avvenuto accesso. Questo feedback, attuato non solo tramite un cambiamento di colore, è ottimale e rispecchia perfettamente i principi di good practice affrontati nella parte introduttiva; in questo modo, anche un utente eventualmente daltonico<sup>38</sup> può riconoscere il segnale. Il colore utilizzato in questo caso è il giallo, tuttavia potrebbe essere ingannevole in quanto, generalmente, tale colore è associato ad un messaggio di anomalia; potrebbe essere più opportuno un colore chiaro, ad esempio bianco, lampeggiante. Inoltre, bisogna prevedere un messaggio di aiuto all'utente nel caso in cui le credenziali inserite risultassero non valide (ad esempio: "Username e password inserite non valide"). Nella fase successiva avviene la selezione dei gruppi ed in questo caso il feedback che indica lo stato del sistema è costituito sempre dallo stesso simbolo sia in caso di gruppo incluso che di gruppo non incluso; la sola

\_

<sup>&</sup>lt;sup>38</sup> È possibile simulare la visualizzazione di soggetti daltonici al seguente link: <a href="http://www.color-blindness.com/coblis-color-blindness-simulator/">http://www.color-blindness-simulator/</a>

differenza è data dallo sfondo colorato della figura circolare (verde in caso affermativo e rosso in caso negativo). Sarebbe forse più adeguato un diverso simbolo che indichi l'esclusione del gruppo, come ad esempio una X sempre su fondo rosso anziché la spunta, utilizzata anche su fondo verde, per indicarne l'inclusione. In questo modo si rispetterebbe anche il concetto, appena espresso, di feedback dato dalla somma di colore ed immagine. Così facendo, tuttavia, il simbolo utilizzato sarebbe identico a quello di chiusura della pagina che però potrebbe essere sostituito con quello di una freccia su fondo blu che rimandi indietro (già utilizzata anche in altre pagine) spostata nell'angolo sinistro, per coerenza nel caso in cui dovesse essere inserita successivamente una freccia in verso opposto, più adeguata nell'angolo destro. Dopo aver effettuato la selezione del gruppo e del motore, si giunge alla schermata del motore scelto, da dove risulta possibile effettuare l'azione di azzeramento degli assi. In questo caso, è necessario premere sul pulsante di richiesta; successivamente viene visualizzato un messaggio di avvertenza che comunica le azioni da svolgere nell'ordine corretto poiché l'operazione di azzeramento degli assi non è una normale procedura (vedi figura in Appendice I). Una volta confermata la volontà di procedere, la freccia presente sul pulsante di richiesta viene orientata su ON, il cui riquadro diventa di colore verde mentre quello di OFF rimane oscurato. Anche in questo caso il feedback è dato non solo dal segnale colorato ma anche dal nuovo orientamento della punta della freccia. Successivamente, risulta necessario premere sul pulsante "COMANDO" e tenerlo premuto fino al momento in cui nella cella vicina indicante lo stato di azzeramento asse compare, su fondo verde la dicitura "ASSE AZZERATO". Il feedback in questo caso è efficace poiché insieme alla scritta in questione, anche la cella apposita diventa di colore verde. Un'osservazione va fatta in merito al messaggio di avvertenza che compare dopo aver fatto la richiesta di azzeramento assi: come si può notare, vengono elencate tutte le azioni da effettuare in una sola finestra e queste non saranno più visibili una volta che l'operatore conferma di voler continuare a procedere. Questo può risultare non molto efficiente poiché l'utente può dimenticarsi o non ricordarsi in modo preciso le azioni da compiere. In aggiunta a ciò, non si rispettano l'euristica di Nielsen secondo la quale è da preferire il riconoscimento anziché il ricordo e una delle regole d'oro enunciate da Shneiderman che afferma la necessità di ridurre il carico di memoria a breve termine. Il concetto evidenziato è dunque il medesimo e sottolinea il fatto che

affidarsi al ricordo dell'utente sia una via che è meglio non percorrere ed a questa sia invece da preferire il riconoscimento delle azioni da compiere in ogni singola occasione (di conseguenza si riduce il suo carico di memoria). Una possibile soluzione alternativa, quindi, potrebbe essere quella di suddividere le informazioni, presenti ora in una singola schermata, in due visualizzazioni successive. Si può ipotizzare di far comparire, dopo aver effettuato la richiesta, una prima serie di informazioni che indichino tutte le azioni da compiere attraverso la pulsantiera e successivamente, una volta terminate queste con successo, un secondo messaggio con le rimanenti azioni da compiere tramite il pannello macchina e lo START macchina tramite la pulsantiera. Un'ulteriore soluzione potrebbe essere quella di far comparire, sotto forma di elenco, la serie di azioni da compiere, evidenziando quella da eseguire per prima e lasciando in leggera ombra le successive, mantenendole comunque tutte visibili. Infine, una volta avviata con successo la macchina si può inoltre pensare di aggiungere un messaggio che richieda il log-out dell'utente, in modo da essere coerenti con il messaggio iniziale che ne richiede il log-in ogni volta che un utilizzatore si interfacci per avviare una nuova operazione. Inoltre, effettuando la richiesta di log-out si evita che un altro operatore che utilizzi la macchina dopo il precedente possa avere accesso ad operazioni per le quali non potrebbe avere l'autorizzazione per mancanza di competenze. Vi è inoltre da considerare il fatto che le operazioni da effettuare tramite la pulsantiera non sono quasi mai suggerite all'utente (si richiede che l'operatore le conosca a priori); per ovviare a ciò si può anche pensare di inserire un tutorial che continuamente scorra sul video con l'elenco base delle operazioni da compiere tramite pulsantiera. Una nota positiva, invece, è la presenza dei lucchetti su attività che l'utente loggato non può effettuare; in questo modo lo si vincola ad azioni per le quali è effettivamente autorizzato ed in questo modo si rispetta anche il principio di Norman che si riferisce a tale concetto.

Per quanto riguarda invece l'uso efficace dei colori, si può vedere come le schermate presentate siano ancora piuttosto colorate (tuttavia non eccessivamente); alcuni campi, specialmente quelli con colori vivaci potrebbero eventualmente essere rivisti e ripensati in base alle sfumature di grigio.

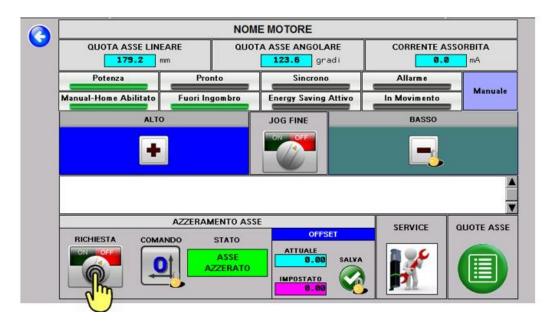


FIGURA 51 HMI IN ADOZIONE

[Fonte: Documentazione di studio – Ferrero ENGINEERING]

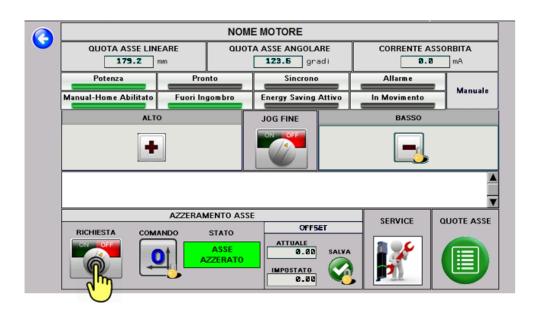


FIGURA 52 HMI PROPOSTA





FIGURA 54 HMI IN ADOZIONE PER SELEZIONE GRUPPI\*
[Fonte: Documentazione di studio – Ferrero ENGINEERING]

FIGURA 53 HMI PROPOSTA

\* Il simbolo a saetta indica che il gruppo ha la forzatura del ciclo attiva in modalità semiautomatico.

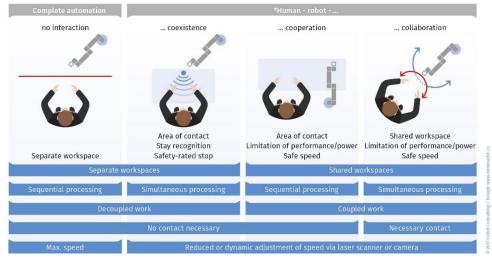
## 2. Approfondimento: robotica collaborativa

Relativamente all'interfacciamento uomo-macchina, è utile richiamare anche il concetto di robotica collaborativa che, nell'ambito dell'industria 4.0, sta sviluppandosi sempre più, costituendo un interessante ramo evolutivo della tradizionale robotica industriale. In particolare, con riferimento alla tematica specifica di questo elaborato, il focus è rivolto alle modalità di interazione fra uomo e robot (human-robot interaction) ed ai dispositivi attraverso i quali questa avviene, all'user-experience e all'eventuale applicazione di alcuni fra i principi teorici analizzati in precedenza, anche per il riconoscimento gestuale adottato ad esempio con la programmazione di tipo lead-through.

I cosiddetti cobot o co-robot (dall'inglese "collaborative robot") sono robot di ultima generazione progettati per una diretta interazione con operatori umani all'interno di uno spazio collaborativo, ossia di uno spazio in cui l'uomo ed il cobot

eseguono determinati compiti simultaneamente ed in modo coordinato, quindi interagiscono e collaborano in condizioni di sicurezza. L'idea di robot collaborativi è nata nel 1995 nell'ambito di un progetto di ricerca svolto alla General Motors Foundations<sup>39</sup> ed oggi, quasi venticinque anni dopo, trovano applicazione in molti settori industriali. Il termine collaborazione, di per sé, rimanda al compimento di azioni da parte di più individui per portare a termine determinati tasks al fine di raggiungere obiettivi condivisi. Ad oggi, non esiste una norma ISO che definisca uno standard per i robot collaborativi, tuttavia la specifica tecnica ISO/TS 15066:2016 definisce l' "operazione collaborativa" come "la condizione in cui un sistema robotico specificatamente progettato ed un operatore lavorano in un ambiente di lavoro collaborativo". Nello specifico, la collaborazione fra uomo e cobot (definita Human-Robot Collaboration ed in seguito anche attraverso l'acronimo HRC) avviene per operazioni complesse che non è possibile automatizzare completamente e, così come quella che si può instaurare fra individui umani, può articolarsi secondo due differenti modalità. L'operatore ed il cobot possono condividere o meno lo spazio di lavoro: ciò che cambia è il grado di collaborazione. Un primo caso, quello attualmente più diffuso, prevede che l'uomo ed il cobot effettuino operazioni diverse, per lo più sequenziali, senza tuttavia mai incontrarsi (come ad esempio il controllo qualità di un prodotto finito); un secondo caso, invece, prevede che si verifichi effettivamente una cooperazione diretta, attraverso ad esempio uno scambio di oggetti o addirittura una manipolazione assistita di alcuni componenti. Anche in questo caso, pertanto, l'interfacciamento gioca un ruolo importante per ottenere un'efficace collaborazione fra le due parti.

<sup>&</sup>lt;sup>39</sup> https://www.hannovermesse.de/en/news/robot-or-cobot-the-five-key-differences.xhtml



\*Safety distances reffering to EN ISO 13855

FIGURA 55 GRADI DI COLLABORAZIONE
[Fonte: https://cobot-consulting.de/en/start\_engl/]

I cobot, rispetto ai tradizionali robot industriali, sono generalmente più piccoli e più leggeri (un esempio è UR3 dell'Universal Robot che pesa solamente 11 kg, tuttavia esistono anche cobot come AURA di Comau a payload e sbraccio elevati -170 kg e 2,8 m -) e differiscono da essi per alcuni aspetti chiave<sup>40</sup>. In primo luogo, i cobot ed i robot tradizionali operano diversamente: i primi vengono, appunto, progettati appositamente per lavorare in compresenza con operatori umani quindi non contemplano nel modo più assoluto l'utilizzo di gabbie o di altre protezioni, che invece vengono utilizzate con robot industriali di tipo tradizionale, i quali svolgono le loro operazioni fisse senza prestare attenzione alla presenza di eventuali operatori. I cobot permettono quindi anche l'ottimizzazione degli spazi e si immobilizzano al minimo contatto poiché sono concepiti per lavorare in condizioni di massima sicurezza, prevenendo qualsiasi possibile pericolo per il collaboratore umano. In particolare, i cobot regolano la loro velocità operativa in base alla vicinanza con un operatore umano e si fermano prima che avvenga un ipotetico contatto grazie ad un sistema di anticollisione. In aggiunta a ciò, oggi, nella frontiera della cooperazione uomo-macchina, l'idea è quella di evitare le collisioni non più tramite il solo blocco del robot, ma piuttosto tramite l'adattamento del suo percorso nel caso in cui si avverta la presenza dell'operatore (rimanendo in questo modo

<sup>40</sup> https://koops.com/cobots-vs-robots-difference/

https://www.hannovermesse.de/en/news/robot-or-cobot-the-five-key-differences.xhtml

produttivo): la sensoristica diventa perciò fondamentale. Un'altra differenza riguarda la programmazione: se i robot tradizionali richiedono specifiche conoscenze tecniche dovute alla complessità del sistema in questione, i cobot risultano notevolmente più facili da programmare. Un esempio è la programmazione di tipo lead-through che permette ad un utente di effettuare determinati movimenti con il braccio robotico che, immediatamente, verranno recepiti dal sistema e riprodotti automaticamente dal cobot stesso. I cobot, inoltre, sono in grado di recepire informazioni non scritte in codice ma ad esempio immesse dall'utente attraverso una semplice interfaccia grafica; quindi si tratta di sistemi flessibili adattabili a successive riprogrammazioni. In aggiunta, i cobot, diversamente dai tradizionali robot, si possono adattare a diversi punti del processo produttivo, essendo anche relativamente agevoli da spostare e potendo essere montati sia su superfici orizzontali che verticali (anche al soffitto). La mancanza di questi vincoli propri della robotica tradizionale, fa sì che, di conseguenza, i cobot risultino ottimali anche per le aziende che hanno la necessità di rivedere il layout produttivo in maniera continuativa. Dal punto di vista finanziario, i cobot permettono di avere costi di integrazione inferiore, quindi hanno il vantaggio di avere ROI maggiori e, di conseguenza, tempi di ritorno sugli investimenti inferiori. In generale, quindi, rispetto ai tradizionali robot, sono più versatili, economici e flessibili. Va, tuttavia, sottolineato il fatto che l'operatore rimane centrale nello svolgimento del processo produttivo poiché, essendo egli dotato di capacità cognitive uniche, a lui vengono affidati compiti che apportano un valore maggiore rispetto a quelli dei cobot, i quali svolgono per lo più operazioni potenzialmente rischiose per l'operatore.



FIGURA 57 COBOT YUMI
[Fonte: https://new.abb.com/products/robotics/it/robot-industriali/yumi]



FIGURA 56 ROBOT INDUSTRIALI TRADIZIONALI [Fonte: https://www.industriaitaliana.it/piu-robot-piu-persone-la-ricetta-dello-smart-manufacturing-abb/]

Con riferimento all'ambito produttivo, la tecnologia utilizzata per produrre un determinato item dipende dal volume di prodotto richiesto. Come evidenziato nella figura sottostante, le curve delineate dalla collaborazione fra uomo e robot, dall'automazione con robot tradizionali e dall'automazione di tipo fisso (linea transfer), hanno un andamento che lascia intendere vi siano economie di apprendimento in tutti e tre i casi. Questo fenomeno, invece, non si verifica nel caso di assemblaggio di tipo manuale. Le economie di apprendimento sono caratterizzate da una diminuzione del costo unitario all'aumentare dell'esperienza, intesa come il volume cumulato di output produttivo. In particolare, si può notare come per volumi produttivi medio-bassi una HRC sia da preferire ad altro tipo di tecnologie, mentre per volumi molto elevati questa non sia ottimale ma i robot tradizionali o un'automazione fissa garantiscano costi unitari inferiori. Pertanto, si può dedurre che un uso intensivo di cobot non sia ideale in caso di produzione di massa ma preferibile se il numero di varianti per prodotto risulta relativamente elevato così come il volume di unità prodotte per variante stessa (quasi come se si trattasse di una customizzazione di massa). Inoltre, se aumenta il costo del lavoro, di conseguenza aumenta anche l'area di applicazione di HRC (segnata in giallo sul piano), dal momento che il punto di incontro fra le curve di modalità manuale e robotica collaborativa si sposterebbe indietro sull'asse delle ascisse.

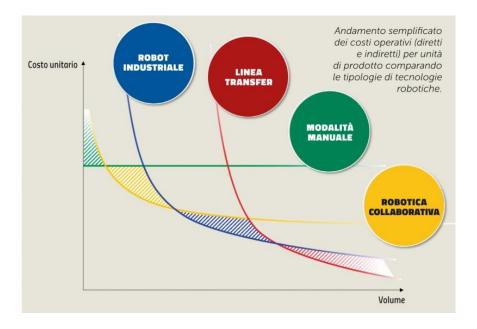


FIGURA 58 CURVE VOLUMI-COSTI UNITARI [Fonte: https://www.thenextfactory.it/2017/01/interazione-uomo-macchina-sicura-robot-collaborativi/]

Analizzando l'interfacciamento fra uomo e robot, in base ai principi teorici enunciati in precedenza, emerge che con i robot collaborativi il grado di usabilità è decisamente elevato, specialmente se lo si confronta con quello proprio dei robot industriali di tipo tradizionale, per i quali, tra l'altro, l'interazione con l'operatore umano non era contemplata. Come concetto, per l'usabilità si potrebbe mantenere la duplice visione lato progettista e lato utente proposta per le HMI, poiché le variabili precedentemente adottate possono essere adattate senza particolari variazioni a questo nuovo contesto operativo. In particolare, lato utente, si può continuare a parlare di soddisfazione nell'utilizzo, di efficienza e di efficacia d'uso. Anche in questo caso quest'ultima variabile può essere assunta come direttamente proporzionale alla facilità di apprendimento, inteso come la capacità di imparare a cooperare con il cobot, ed inversamente proporzionale alla gravità e frequenza degli errori commessi in questa fase iniziale che, in questo ambito, possono essere assunti anche come il numero di eventuali arresti dei robot avvenuti in seguito ad ipotetici contatti con l'operatore umano. Esaminando i concetti della teoria rivolti alle HMI, non tutti risultano perfettamente attuabili all'interfacciamento fra uomo e robot e, più in generale, alla HRC. Un elemento caratterizzante dei robot collaborativi comune alle HMI è la facilità di interazione, essendo questi progettati precisamente con lo scopo di cooperare con utenti umani. Altro tratto fondamentale è la facilità di programmazione che permette all'operatore di programmare il cobot direttamente da un pannello, attraverso un'interfaccia grafica inserendo informazioni senza la necessità di immettere righe di codice, e di attuare ad esempio la lead-through programming, ossia di programmare il cobot facendo compiere al braccio robotico azioni che automaticamente imparerà e potrà replicare grazie a sensori che permettono il tracciamento dei movimenti. Aspetto fondamentale, in questo caso, è il riconoscimento dei gesti dell'operatore attraverso camera-based systems (con, ad esempio, Microsoft Kinect o camere poste sul polso del braccio robotico), data la precisione richiesta per poter successivamente compiere le azioni in modo esatto e performante. Il lead-through programming è facile, intuitivo e decisamente "user-friendly" poiché non richiede particolari conoscenze pregresse da parte dell'operatore stesso. I cobot Baxter e Sawyer, sviluppati da Rethink robotics, sono un chiaro esempio di cobot con interfaccia altamente user-friendly. Un pannello viene posto in modo tale da simularne la testa ed il volto e ne permette una semplice programmazione tramite la piattaforma software Intera, il cui punto di forza è la facilità d'uso. La GUI consente una user experience notevole; sul display, durante lo svolgimento delle normali attività, è possibile osservare una grafica fra le tre seguenti possibili: la prima mostra in tempo reale alcuni determinati dati selezionati riguardanti le operazioni in corso (es. tempo ciclo massimo, minimo e medio) ed il relativo andamento nel tempo grazie alla funzionalità "Intera insight", la seconda gli occhi di un ipotetico volto che con lo sguardo seguono il movimento del braccio stesso ed infine la terza con il logo della società Rethink robotics. Il display del cobot Baxter, ad esempio, mostra fino a sei espressioni degli occhi in base all'azione che si sta svolgendo in un preciso istante<sup>41</sup>. L'interazione avviene essenzialmente tramite un set di pulsanti (Navigator) presenti sui bracci (entrambi nel caso di Baxter) e sul retro del tronco che vengono utilizzati per effettuare selezioni mostrate sul display. È possibile effettuare una programmazione lead-through, far sì che il cobot ripeta il percorso appreso in modo tale da fare pratica ed infine modificare eventualmente il tragitto appreso. Dal punto di vista grafico, i colori utilizzati seguono le tonalità del grigio e dell'arancione, riprendendo le stesse presenti nel logo della società stessa. A livello di feedback luminoso, nella parte superiore del tronco del braccio robotico è presente un anello che, a seconda dello stato del braccio robotico, può illuminarsi di bianco, verde o arancione. In fase di accensione e spegnimento, invece, il segnale luminoso è visibile sull'apposito pulsante di avviamento tramite una colorazione azzurra. In entrambe queste fasi si potrebbe tuttavia adottare anche un segnale acustico di supporto.



FIGURA 60 INTERFACCIA BAXTER
[Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=t1ZjHslEY64 - Rethink robotics]



FIGURA 59 COBOT SAWYER E BAXTER
[Fonte: https://www.therobotreport.com/rethink-robotics-closes-its-doors/]

-

<sup>&</sup>lt;sup>41</sup> Baxter user guide

Con la programmazione lead-through si può pensare di adattare il modello di Norman all'interazione di carattere gestuale; infatti, dopo aver formato lo scopo, nel momento in cui l'utente afferra il braccio robotico, forma l'intenzione, specifica la sequenza di azioni e la esegue ma si trova a dover attraversare il cosiddetto golfo dell'esecuzione poiché non è del tutto certo che il sistema robotico, attraverso i sensori di cui dispone, abbia effettivamente recepito tutti i punti dello spazio attraverso i quali deve spostarsi in un secondo momento. Successivamente, l'utilizzatore si sposta nel golfo della valutazione poiché, dopo aver percepito lo stato del mondo ed averlo interpretato, valuta il risultato. Anche in questo caso, dunque, un'elevata usabilità del cobot e feedback (quali ad esempio segnali luminosi) efficaci permetterebbero di oltrepassare facilmente i golfi di Norman. Inoltre, essendo i cobot pensati espressamente per una collaborazione con l'operatore, seguono in fase di progettazione la regola di Shneiderman che prevede il dialogo con l'utilizzatore, riprendendo la progettazione user-centered e la metodologia Agile. In aggiunta a ciò, considerando che i robot collaborativi permettono di rendere il processo produttivo maggiormente flessibile, consentono una maggior adattabilità ad una ipotetica metodologia Agile nella gestione dei progetti.

In linea generale, le nuove frontiere della robotica stanno evolvendo (cfr. le recenti scoperte nel campo della soft robotics con il programma europeo "Growboth", e contribuiranno, negli anni a venire e con i dovuti adeguamenti, a sviluppare maggiormente l'automazione industriale.

<sup>&</sup>lt;sup>42</sup> https://cordis.europa.eu/project/rcn/218631/factsheet/it https://www.nature.com/articles/s41467-018-08173-y

## 4. Aspetti pratici

"La pratica senza la teoria è cieca, come cieca è la teoria senza la pratica."

Pitagora

#### 1. Interviste ad operatori

Procedendo con l'analisi pratica, dopo aver esaminato l'argomento lato progettista e per meglio approfondire la tematica lato utente, sono state effettuate alcune interviste ad operatori di linea e a manutentori. In particolare, queste sono volte ad ottenere il parere degli effettivi utilizzatori in modo tale da avere un valido supporto pratico per orientare nella migliore direzione possibile un ipotetico perfezionamento delle HMI e soprattutto per testare le ipotesi effettuate inizialmente sulla correlazione delle variabili che determinano la facilità d'interazione delle HMI (cfr. capitolo 2, paragrafo 4 - Usabilità). Si tratta, nello specifico, di verificare le ipotesi fatte nel secondo capitolo circa l'andamento della correlazione fra la variabile "schematicità della vista" e le variabili "chiarezza espositiva dei messaggi" e "rapidità di interazione". Si intende, dunque, seguire un procedimento impostato secondo un'ottica Agile di confronto con l'utilizzatore finale, anche in questo caso.

Le interviste sono state effettuate seguendo un modello costituito da tre moduli (cfr. **Appendice II**). Il primo di introduzione e contesto atto a delineare i tratti fondamentali della figura intervistata, in particolare cercando di definirne il livello di esperienza (domanda 1) e la frequenza di interfacciamento con la macchina (domanda 2). Queste due, come detto in precedenza (cfr. capitolo 1, paragrafo 2 – Caratteristiche fondamentali), rientrano nelle differenze "within" di carattere personale, che differenziano un individuo da un altro individuo, seppur ricoprenti entrambi lo stesso ruolo operativo. Nel primo modulo, ancor prima di essere

influenzati dalle successive domande, si richiede anche di fornire un commento generale sull'utilizzo dell'interfaccia e su eventuali aspetti che si ritiene possano essere migliorabili. Il secondo modulo, invece, affronta in modo più dettagliato l'argomento, proponendo alcune domande che scendono maggiormente nello specifico per valutare anche in che misura vengono rispettati i principi teorici. Si richiede di esprimere un parere sull'intuitività dell'interfaccia, sull'immissione dell'input e sull'interpretazione dell'output e si domanda se, eventualmente, sono preferite altre modalità rispetto a quelle attualmente in uso per questi ultimi due casi. Ci si focalizza inoltre anche sulla disposizione grafica, sullo scambio di informazioni (appropriato linguaggio utente secondo le euristiche di Nielsen), sull'efficacia dei feedback rilasciati dal sistema, sulla chiarezza dei messaggi presentati e sull'effettiva comprensione della causa e della conseguente soluzione da adottare riguardo all'eventuale anomalia che si può presentare (concetto di aiuto all'utente proposto da Nielsen). Con riferimento alla prevenzione dell'errore (euristica di Nielsen e regola d'oro di Shneiderman), si domanda poi se vi siano situazioni in cui si ha difficoltà nell'interpretare quanto presentato, per capire se si verifichino oppure no situazioni ambigue o critiche. Il terzo ed ultimo modulo è nominato "Suggerimenti evolutivi" ed è costituito da domande volte a comprendere la facilità di apprendimento dell'utilizzo dell'interfaccia, la verifica delle ipotesi fatte circa la correlazione fra le variabili che definiscono la facilità di interazione ed infine la propensione all'adozione di nuove tecnologie. In particolare, viene sondata la facilità di apprendimento dell'utilizzo dell'HMI per valutarne l'efficacia, essendo queste due variabili direttamente proporzionali fra di loro (cfr. capitolo 2, paragrafo 4 - Usabilità). Capire il grado della facilità di apprendimento, è utile inoltre poiché, al giorno d'oggi e negli anni a venire, il turnover del personale tende ad aumentare e, di conseguenza, gli operatori potranno trovarsi sempre con maggior frequenza nella situazione di doversi interfacciare con nuovi sistemi e quindi di dover utilizzare HMI diverse che, di conseguenza, dovranno essere facili da imparare ed intuitive specialmente ad un primo approccio. Per la definizione delle linee guida, nell'ultima parte del modulo si fa riferimento anche all'inclinazione dell'operatore verso l'adozione di nuove tecnologie; in particolare si cerca di capire, dal punto di vista pratico, sia quali possano essere i dispositivi più adatti al ruolo che ricopre la figura in questione e più funzionali alle operazioni che deve svolgere, sia quali siano le tecnologie più familiari agli operatori stessi. In questo modo, si

può tentare di definire delle ipotetiche linee guida per le future interfacce uomomacchina.

Sono stati intervistati quattro operatori che attualmente lavorano sulle linee del Kinder Cards e del Nutella B-ready e due manutentori di cui uno operante quasi esclusivamente sulla linea Kinder Cards e l'altro più trasversalmente su molteplici linee, sia più recenti che meno (ad esempio linea Kinder Bueno). Il campione intervistato risulta quindi composto da sei utilizzatori; si tratta di una piccola quota se rapportata in percentuale alla popolazione totale di effettivi utilizzatori, tuttavia ne è rappresentativa poiché gli utenti intervistati sono stati individuati cercando di ricoprire l'intera gamma di casi d'uso possibili o, se non altro, più frequenti. Pertanto, i soggetti intervistati possono essere definiti utilizzatori-tipo ed essere, in qualche modo, assimilabili alle figure delle cosiddette "personas" nell'ambito del marketing.

L'età del campione è compresa, nell'83% dei casi, in un intervallo che va dai 20 ai 30 anni. Un solo manutentore intervistato è invece compreso in una fascia di età compresa fra i 30 ed i 45 anni. Si tratta quindi di personale giovane che, tuttavia, ha alle spalle alcuni anni di esperienza, come dimostrano le descrittive presenti di seguito. Dalle interviste è emerso che circa il 16% degli intervistati effettua lavori che prevedono l'uso delle interfacce da un periodo di tempo compreso fra 0 e 4 anni, il 50% da un arco di tempo incluso fra i 4 e gli 8 anni ed infine il rimanente 34% del campione viene suddiviso equamente in due categorie: un 17% incluso in un periodo di tempo compreso fra gli 8 ed i 12 anni ed il restante 17% per un periodo superiore o uguale ai 12 anni (circa 20 anni, nello specifico). In particolare, poi, il 50% degli intervistati opera con l'interfaccia che sta utilizzando ora da un periodo inferiore o uguale ai due anni, il 33% da un arco di tempo compreso fra i 2 ed i 4 anni ed il restante 17% da più di 4 anni (20 anni, precisamente). Pertanto, si tratta di operatori piuttosto esperti che, rientrando pressappoco nel medesimo range di età, hanno all'incirca la stessa attitudine al cambiamento e flessibilità all'adozione di nuove tecnologie. Indicativamente, durante un turno lavorativo di una giornatatipo, il 50% degli intervistati spende meno di un'ora per l'interfacciamento, il 33% ha affermato di dedicarvi un periodo di tempo compreso fra 1 ora e 2 ore ed il rimanente 17% più di 2 ore. L'arco temporale maggiore è stato indicato dal

manutentore che opera trasversalmente su più linee (17%) e dagli operatori che si trovano al modellatore del Kinder Cards (33%).

È importante sottolineare il fatto che le interfacce utilizzate dalla quasi totalità del campione intervistato sono state tutte progettate internamente (fa eccezione il manutentore con più esperienza che, saltuariamente, si trova ad operare anche su interfacce progettate da fornitori esterni). In aggiunta, tre dei quattro operatori lavorano sulla linea Kinder Cards: due al modellatore ed uno alla confezionatrice (nel complesso, tale linea si può suddividere in tre macro-sezioni: il forno in cui entrano pastella chiara e pastella scura e da cui escono le relative cialde, il modellatore il cui input sono le cialde ed il cui output è il biscotto finito ed infine la confezionatrice, in cui entra il biscotto finito e fuoriescono i prodotti incartati ed inscatolati – confezionamento primario e secondario - destinati alla vendita). L'operatore rimanente invece si trova al modellatore del Nutella B-ready.



FIGURA 61 DIAGRAMMA A TORTA RELATIVO ALLA PRATICA DI LAVORI CHE PREVEDONO L'UTILIZZO DI HMI

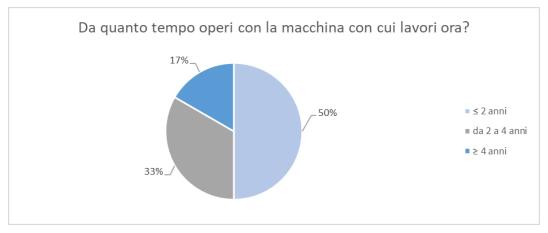


FIGURA 62 DIAGRAMMA A TORTA RELATIVO AL TEMPO DI UTILIZZO DELL'INTERFACCIA ATTUALE

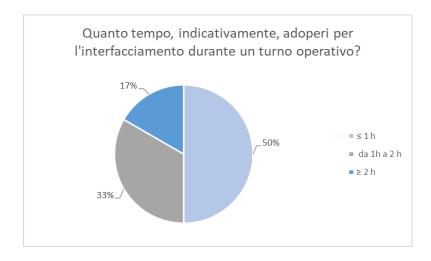


FIGURA 63 DIAGRAMMA A TORTA RELATIVO AL TEMPO DI INTERFACCIAMENTO DURANTE UN TURNO LAVORATIVO

In linea di massima, il commento generale richiesto a priori sull'utilizzo dell'interfaccia si è rivelato positivo in tutti i casi; ne risulta che le HMI in adozione sono intuitive, chiare e semplici da approcciare ed utilizzare. Aspetti particolarmente rilevanti da migliorare non sono emersi; tuttavia, vi sono possibili spunti da tenere in considerazione.

Con riferimento ai diagrammi a torta presenti in Appendice IV, si può notare come la quasi totalità degli intervistati (83%) abbia affermato che le interfacce sono sufficientemente intuitive, mentre il 17%, alla relativa domanda, ha risposto "Abbastanza" (nello specifico, si tratta di un operatore al modellatore dei Kinder Cards). Tutto il campione sostiene poi che le modalità di immissione dell'input siano valide ed agevoli; l'output, invece, risulta facilmente interpretabile per l'83% dei casi intervistati. Un solo operatore ha dichiarato che, talvolta, l'interpretazione può non risultare immediata a causa della specificità del linguaggio tecnico utilizzato. Inoltre, è emerso anche che alcuni messaggi possono risultare troppo generici (es. "Allarme ELAU" su macchina Livetech per il confezionamento Kinder Cards); sarebbe forse più opportuno averli più specifici ma pur sempre in un linguaggio utente. Va sottolineato il fatto che, lato progettista, è tuttavia complicato rendere con un appropriato linguaggio utente alcuni concetti specifici di natura spiccatamente tecnica. Per quanto riguarda gli aspetti grafici, la disposizione sul display viene ritenuta funzionale (Sì: 67% - Abbastanza: 33%) e ben organizzata da tutti gli intervistati così come i colori, i contrasti, la luminosità, le dimensioni e le forme. Nel complesso, dal punto di vista grafico, il parere espresso è ampiamente positivo.

Con riferimento all'interazione vera e propria, la totalità degli utenti intervistati ha affermato che le informazioni scambiate sono facilmente comprensibili, il 67% sostiene di intuire agevolmente ciò che deve selezionare mentre il 33% ha risposto "Abbastanza"; facendo riferimento ai feedback rilasciati dal sistema, 5 utilizzatori hanno dichiarato che questi sono sufficientemente efficaci mentre un manutentore soltanto sostiene che lo siano solo abbastanza, poiché in alcuni casi non riesce a capire agilmente se l'azione effettuata sia andata a buon fine. Nel caso dei manutentori, per aumentare il livello di comprensione, è stato suggerito un feedback sonoro che potrebbe essere adottato negli spazi meno rumorosi. In generale, inoltre, non si verificano situazioni in cui si è in difficoltà nell'interpretare quanto presentato; nel caso in cui queste accadano, l'operatore pratica un controllo visivo fisico di accertamento sul sistema per questioni di maggior sicurezza.

Le questioni maggiormente interessanti riguardano i messaggi di anomalìa ed errore. In linea generale, questi risultano sufficientemente chiari e permettono di capire facilmente quale sia la causa del problema (Sì: 83% - Abbastanza: 17%). Uno spunto stimolante riguarda la possibilità di prevedere la presenza di un messaggio che, a seguito di una determinata criticità, consenta di avere un suggerimento per la soluzione da adottare al fine di risolvere velocemente il problema. Questo potrebbe rivelarsi particolarmente utile in fase di apprendimento dell'utilizzo dell'interfaccia poiché, una volta imparate le azioni da compiere, queste vengono generalmente ricordate dall'utilizzatore che le compie quasi meccanicamente. Un esempio pratico, citato dall'operatore alla confezionatrice dei Kinder Cards è quello del messaggio di avaria "Avaria riscaldatore rotante" a cui, per risolvere il problema, fa seguito la chiamata ad un manutentore elettronico. In tal caso, un ipotetico messaggio di input alla soluzione potrebbe essere, per l'appunto, semplicemente "Chiamare manutentore elettronico", in modo tale che, anche un operatore poco esperto oppure che non abbia mai riscontrato tale criticità durante il periodo di affiancamento all'operatore, sappia immediatamente individuare l'azione adeguata da compiere. Un'idea fattibile potrebbe essere quella di avere una cella sullo schermo che svolga sostanzialmente la funzione di tutorial in modo tale che, se selezionata, dia la possibilità di visualizzare un elenco di messaggi relativi alle criticità riscontrate con maggior frequenza e, di conseguenza, anche i relativi messaggi di suggerimento alla soluzione per risolvere il problema in questione. Questa funzionalità, che potrebbe rivelarsi molto utile specialmente in fase di apprendimento dell'interfaccia stessa, rispetterebbe la nona euristica di Nielsen, secondo la quale dovrebbe essere previsto un qualche aiuto all'utente. Va evidenziato il fatto che alcune interfacce già prevedono questa funzionalità, in particolare si tratta di quelle dell'incartatrice Sigpack della Bosch presente sulla linea del Kinder Bueno.

Con riferimento all'ultimo modulo riguardante i suggerimenti evolutivi, 1'83% dei soggetti intervistati ha risposto "Si" alla domanda richiedente se l'uso dell'interfaccia, in linea di massima, è facile da imparare. Il rimanente 17%, invece, ha selezionato l'alternativa "Abbastanza". Al fine di velocizzare la fase di apprendimento, è stata suggerita l'adozione di un tutorial che mostri la corretta esecuzione delle azioni più frequenti da compiere; in questo modo si potrebbe agevolare l'operatore specialmente se, durante i primi utilizzi, si è meno pratici nell'interazione con la macchina. La visualizzazione del tutorial è da intendersi facoltativa ed attivabile, ad esempio, attraverso la selezione di un'apposita cella che potrebbe essere collocata nel menù superiore se si utilizza come riferimento il modello di interfaccia analizzato in precedenza (FIGURA 48). Al fine di definire le linee guida per le interfacce future, la proposta di introdurre nuove tecnologie è stata accettata da tutti; 5 utenti dei 6 intervistati hanno affermato che un dispositivo touch con display capace di permettere una visualizzazione costante resta lo strumento ottimale poiché è funzionale anche in un ambiente rumoroso dove l'interazione vocale potrebbe non essere ideale data la difficoltà nella comprensione a causa di eventuali disturbi di natura sonora. In aggiunta a ciò, la visualizzazione resta preferibile poiché, mantenendo la vista ed il messaggio testuale sotto gli occhi in maniera continuativa, consente una maggiore concentrazione mentale sull'argomento di riferimento anche se l'ambiente circostante non la agevola. Inoltre, sono stati indicati anche l'assistente virtuale e la realtà aumentata (quest'ultima soprattutto per i manutentori) come possibili tecnologie adottabili in futuro.

Per quanto riguarda un'eventuale ulteriore schematizzazione delle viste e la conseguente correlazione fra le variabili identificate per definire la facilità di

interazione (cfr. capitolo 2, paragrafo 4 – Usabilità), il 66,7% del campione sostiene che una schematizzazione aggiuntiva potrebbe ostacolarne la comprensione mentre il 33,3% ne è favorevole (suggerendo, ad esempio, una progettazione delle grafiche con meno celle selezionabili sul display e più rimandi a viste successive). Pertanto, vengono così testate le ipotesi fatte in riferimento alle immagini in Appendice III: fra i due andamenti ipotizzati (curva verde e curva azzurra) risulta quindi più probabile quello delineato dalla curva colorata di verde. Infatti, in base alle opinioni degli utilizzatori, si può affermare che, in linea di massima, all'aumentare della schematicità della vista la chiarezza espositiva dei messaggi aumenti ma fino ad un determinato livello in cui si individua il punto di massimo; successivamente, aumentando la schematicità, la chiarezza dei messaggi tende a diminuire poiché la vista potrebbe creare confusione nell'utente. Di conseguenza, anche la correlazione fra schematicità della vista e rapidità di interazione ha un andamento simile (curva verde) poiché, come testato dalla legge di Fitts, chiarezza espositiva dei messaggi e rapidità di interazione sono direttamente proporzionali fino ad un determinato valore limite di rapidità di interazione, definito dalle effettive capacità umane. Rimane una questione aperta ma interessante provare a definire quale possa essere l'ipotetico punto di massimo della correlazione fra "schematicità della vista" e "chiarezza espositiva dei messaggi", che tuttavia risulterà differente a seconda della grafica sottoposta ad analisi poiché ogni vista è caratterizzata da una propria disposizione e da specifici elementi grafici; nonostante ciò, tramite metodo induttivo che procede dal particolare all'universale, potrebbe risultare possibile definire alcuni principi generali capaci di fungere da linee guida. A tal fine, si potrebbe definire un campione di utilizzatori operanti su un certo numero di grafiche fra di loro differenti e definire le variabili "schematicità della vista" e "chiarezza espositiva dei messaggi" tramite livelli; successivamente, una volta raccolti i dati e convertiti numericamente secondo una scala appropriata, si potrebbe tentare un'interpolazione per cercare di delineare un possibile andamento proprio di ogni singola vista sottoposta ad analisi. Dopo aver tracciato alcuni possibili andamenti, si potrebbe poi provare a definire delle linee guida di carattere più generale.

Nel complesso, grazie a queste interviste, che hanno reso possibile un confronto pratico con gli utilizzatori, ed all'analisi dei principi teorici valutati nei precedenti capitoli, si è potuto analizzare i requisiti e tentare di definire le possibili linee guida per le HMI innovative nelle macchine automatiche di produzione. In particolare, dunque, gli aspetti rilevanti emersi sono stati quelli di affordance, di efficacia dei feedback e di vincolo sulle azioni dell'utente, di prevenzione dell'errore evitando situazioni ambigue e critiche, di semplicità e chiarezza, di flessibilità d'uso ed infine di aiuto all'utente tramite suggerimenti per la soluzione dopo la visualizzazione di messaggi di anomalia chiari. Un concetto-chiave è indubbiamente quello di usabilità, che raccoglie al suo interno tutti gli aspetti precedentemente citati, al fine di rendere l'interfaccia "user-friendly" e la user-experience di alto livello.

Dal punto di vista grafico, sono preferibili un utilizzo di tonalità di grigio piuttosto che colori vivaci e una schematizzazione della vista non troppo accentuata.

Con riferimento ai dispositivi tecnologici eventualmente adottabili in futuro, invece, l'interfacciamento che pare sia preferito dagli utilizzatori resta quello di tipo touch-screen.

#### Conclusioni

Questo elaborato si è collocato nel contesto dell'industria 4.0, all'interno di una grande ed affermata realtà multinazionale: il Gruppo Ferrero. Oggetto della tesi è stata l'analisi dei requisiti per la realizzazione delle interfacce uomo-macchina innovative delle macchine automatiche di produzione, da cui è seguito un tentativo di definizione delle possibili linee guida.

Lo studio dei principi delle interfacce innovative non è nato con l'intento di trovare una soluzione a problemi specifici sorti all'interno dell'azienda sopracitata, bensì con l'intenzione di esaminare nel dettaglio le possibili evoluzioni delle interfacce uomo-macchina (HMI), per meglio identificare i trend innovativi che, in futuro, potranno affermarsi nell'ambito industriale. Esistono diverse tipologie di interfacce che permettono ad un generico utente di dialogare con un determinato sistema, come ad esempio le classiche pulsantiere, i sistemi di supervisione e controllo SCADA e le interfacce proprie delle macchine di produzione.

La tesi è stata articolata seguendo un andamento logico che prevede una prima parte introduttiva al contesto operativo, una seconda di analisi teorica ed infine una terza di analisi pratica che, a sua volta, si può scomporre in lato progettista (a cui segue il relativo confronto con i principi teorici) ed in lato utente/operatore. In particolare, seguendo lo sviluppo dei capitoli, il primo è introduttivo, il secondo descrive la teoria soggiacente, il terzo presenta, in linea di massima, lo stato dell'arte delle HMI dell'azienda e lo confronta con i principi teorici ed il quarto affronta, tramite interviste ad operatori e manutentori, gli aspetti pratici legati alla tematica, proponendosi di delineare degli spunti per indicare delle possibili linee guida per il futuro.

In particolare, emerge che le HMI, oltre a permettere il dialogo fra utente e sistema, svolgono la funzione di filtro per la complessità funzionale e strutturale della macchina e, in secondo luogo, possono essere viste anche come strumento per massimizzare la produzione, l'efficienza, la produttività e, di conseguenza la profittabilità aziendale. È importante, dunque, migliorarle e per fare ciò si è pensato di eseguire un'analisi teorica ed un'analisi pratica (quest'ultima, in particolare,

svolta attraverso interviste ad operatori per individuare i casi d'uso e definire i requisiti).

L'analisi teorica è stata effettuata approfondendo gli studi condotti da Norman, Nielsen e Shneiderman che, negli anni '80 e '90 del Novecento, si distinsero nell'ambito dell'interactive design. Norman elaborò alcuni principi chiave ed un modello di interazione, Nielsen dieci euristiche e Shneiderman le cosiddette "regole d'oro". Il concetto che emerge dall'analisi congiunta è quello di usabilità, normato dall'ISO 9241, che può essere visto secondo l'ottica del progettista o dell'utilizzatore. Usabilità è sinonimo di facilità di interazione che, a sua volta, può essere concepita come funzione della chiarezza espositiva dei messaggi, della schematicità della vista e della rapidità di interazione da parte dell'utente. Per massimizzare l'usabilità è consigliato seguire una progettazione orientata all'utente (user-centered design), adottando un metodo Agile e coinvolgendo costantemente l'utilizzatore finale. La transizione alle metodologie Agile prevede un'evoluzione del ruolo del project manager il cui titolo, teoricamente, non dovrebbe essere più utilizzato. Tuttavia, dal punto di vista pratico, pare che questa figura sussista ancora in alcune organizzazioni, specialmente se queste sono costituite da un elevato numero di componenti o da membri dislocati nello spazio (team "distribuiti"). Inoltre, il project manager ricopre alcuni ruoli che, a seconda della tipologia di metodo implementato appartenente alla famiglia Agile, sono propri di più figure diverse fra loro. In particolare, con riferimento allo SCRUM, l'evoluzione del project manager sembrerebbe avvicinarsi ad una figura ibrida con tratti propri del Product Owner e dello Scrum Master.

Dopo aver effettuato un'analisi dello stato dell'arte di alcune interfacce adottate in azienda ed averle confrontate con i principi teorici citati in precedenza, è stata avviata la fase pratica di ricerca di questa tesi. Sono state condotte alcune interviste ad operatori presenti sulle linee dei prodotti Kinder Cards e Nutella B-ready; è emerso che le HMI in adozione sono intuitive, semplici da utilizzare e relativamente facili da imparare poiché la complessità vera e propria sta nella comprensione del funzionamento della macchina. Tutto ciò è coerente con il motto legato all'affordance citato nei primi capitoli: "Don't make me think". Inoltre, la disposizione grafica è risultata funzionale, lo scambio di informazioni comprensibile e la presenza di feedback efficace. Pertanto, complessivamente,

l'opinione sulle interfacce in adozione è ampiamente positiva e gli utilizzatori risultano soddisfatti dell'interazione che hanno nei confronti della macchina di produzione usata quotidianamente. Un possibile spunto per la realizzazione di future HMI è la creazione di messaggi di suggerimento alla soluzione da presentare dopo la visualizzazione dei relativi messaggi di anomalia: si tratterebbe di un importante aiuto all'utente.

Con riferimento al test sulla correlazione fra le variabili, è emerso che un'eccessiva schematizzazione delle viste, dal punto di vista grafico, può ostacolare la comprensione piuttosto che agevolarla e, conseguentemente, ritardare la velocità di interazione. Pertanto, all'aumentare della schematicità della vista, la variabile identificata come "chiarezza espositiva dei messaggi" aumenta fino ad un determinato valore identificato come punto di massimo per poi diminuire, seguendo un andamento approssimativamente parabolico. Rimane come open point, un eventuale tentativo di definizione di tale punto di massimo.

### Appendice I

[Fonte: Documentazione di studio – Ferrero ENGINEERING]



#### Pulsantiera principale:

- 1. Pulsante richiesta Hold macchina
- 2. Pulsante start ciclo automatico
- **3.** Pulsante stop ciclo automatico (fine ciclo)
- 4. Pulsante richiesta sblocco carter
- **5.** Selettore esclusione/inclusione sicurezze
- **6.** Pulsante reset avarie
- 7. Pulsante ripristino emergenza
- **8.** Pulsante arresto di emergenza (immediato)

Viste per effettuare il log-in:





Vista per confermare l'azzeramento asse:



# Appendice II

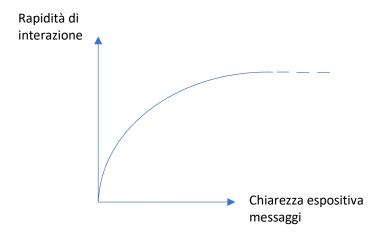
Traccia utilizzata per svolgere le interviste:

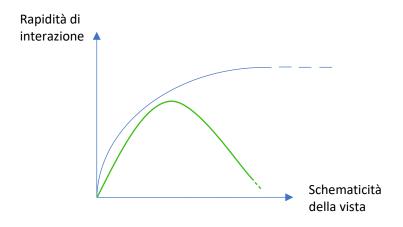
	Introduzione e contesto
1.	Da quanto tempo effettui lavori che prevedono l'utilizzo di interfacce? Da quanto tempo operi con la macchina con cui lavori ora?
2.	Quanto tempo, indicativamente, adoperi per l'interfacciamento durante un turno lavorativo?
3.	Commento generale sull'utilizzo dell'interfaccia (come ti trovi ad utilizzarla regolarmente?)
4.	Ritieni ci siano aspetti da migliorare?
	Dettaglio
1.	Le interfacce sono sufficientemente intuitive?  Si Abbastanza Non molto Non so
2.	La modalità di immissione dell'input è agevole? ☐ Si ☐ Abbastanza ☐ Non molto ☐ Non so
Avresti altre preferenze?	
3.	L'output è facilmente interpretabile? ☐ Si ☐ Abbastanza ☐ Non molto ☐ Non so
A۱	resti altre preferenze?
4.	La disposizione grafica è funzionale?  Si Abbastanza Non molto Non so
Ri	tieni che il display sia ben organizzato?
5.	Secondo te, i colori, la luminosità, i contrasti, le forme e le dimensioni sono migliorabili? Ci sono altri aspetti legati alla grafica che, a tuo parere, potrebbero essere perfezionati?
6.	Le informazioni scambiate sono facilmente comprensibili?  Si Abbastanza Non molto Non so
7.	Intuisci facilmente ciò che devi selezionare?  Si Abbastanza Non molto Non so
8.	Riesci a capire facilmente se l'azione che hai effettuato sia andata a buon fine?  ☐ Si ☐ Abbastanza ☐ Non molto ☐ Non so

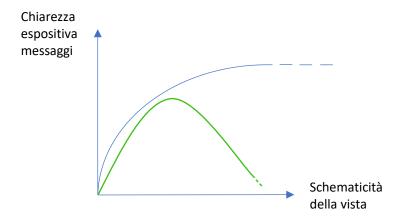
Cosa suggeriresti per facilitarne la comprensione?
9. Si verificano situazioni in cui sei in difficoltà nell'interpretare quanto presentato? ☐ Si ☐ Ogni tanto ☐ No ☐ Non so
Se sì, quante volte nell'arco di una settimana?
10. I messaggi visualizzati (in particolare quelli d'errore/anomalìa) sono sufficientemente chiari?  ☐ Si ☐ Abbastanza ☐ Non molto ☐ Non so
☐ SI ☐ Abbastanza ☐ Non molto ☐ Non so
In caso di errore, intuisci agevolmente quale è la causa del problema e di conseguenza la soluzione da adottare (se necessario)?
Suggerimenti evolutivi
L'uso dell'interfaccia, in linea di massima, è facile da imparare?     ☐ Si ☐ Abbastanza ☐ Non molto ☐ Non so
Cosa ti sentiresti di suggerire per migliorare l'interfaccia stessa al fine di velocizzare la fase di apprendimento?
2. Con riferimento all'interfaccia che utilizzi, ritieni che l'impostazione grafica si possa schematizzare maggiormente oppure che un'ulteriore schematizzazione possa ostacolarne la comprensione?
3. Come vedresti l'utilizzo di nuove tecnologie e di nuove modalità di interazione con il macchinario di produzione?
4. Suggeriresti nuovi dispositivi per l'interazione di un utente operante nel tuo ruolo?
5. In linea generale, ci sono altri aspetti, non analizzati durante questa intervista, che secondo te potrebbero essere oggetto di miglioramento?

Per ogni operatore intervistato, verranno identificati il tipo di HMI utilizzata ed il tipo di macchinario (in particolare se l'interfaccia è stata progettata in Ferrero o da fornitori).

## Appendice III

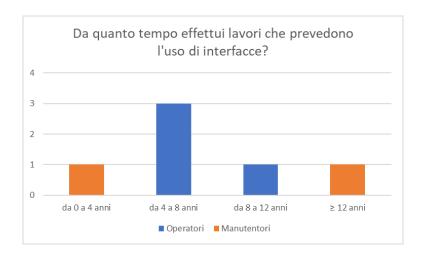


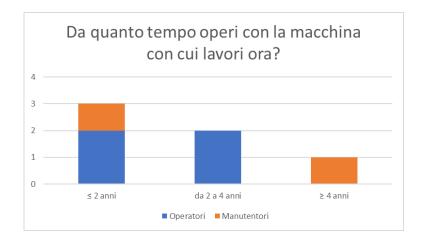


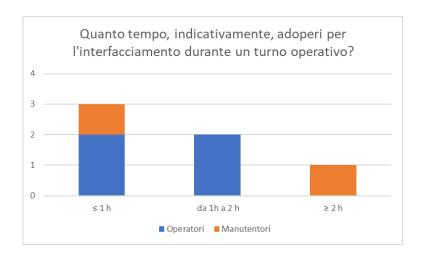


## Appendice IV

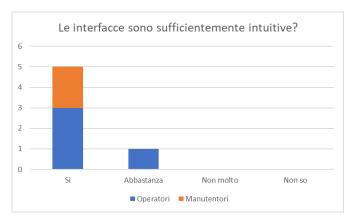
Istogrammi relativi alle risposte del primo modulo "Introduzione e contesto": numerosità del campione n=6

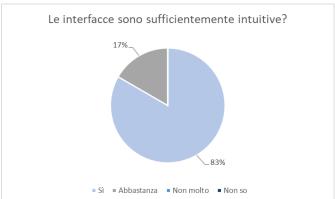


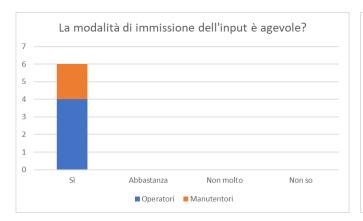


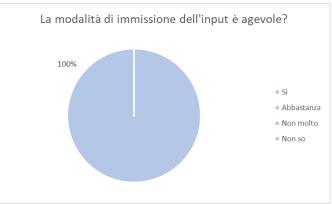


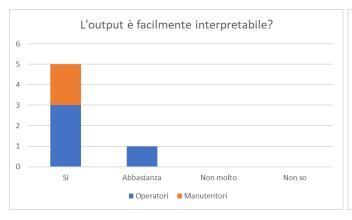
# Istogrammi ed areogrammi relativi alle risposte del secondo modulo "Dettaglio": numerosità del campione n=6

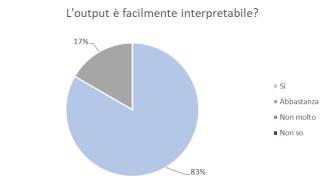


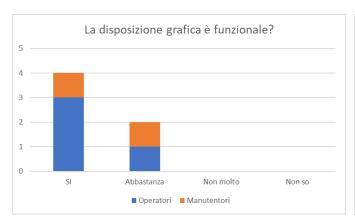


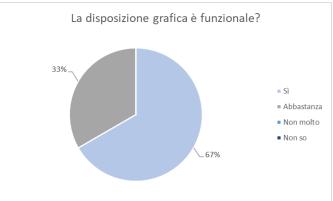


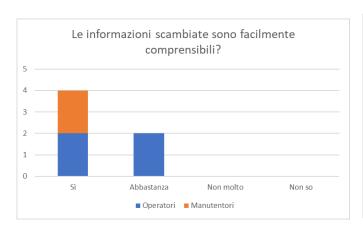


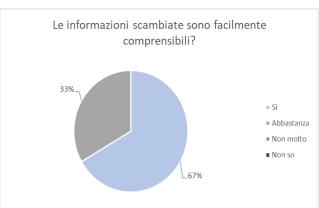


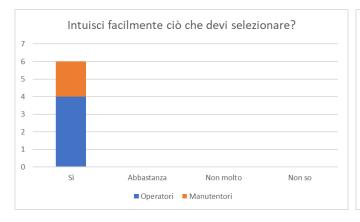


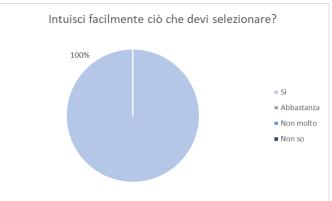


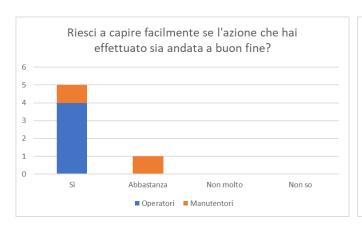


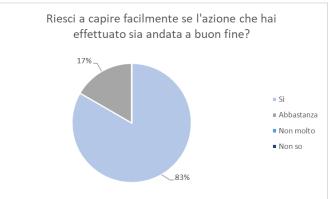


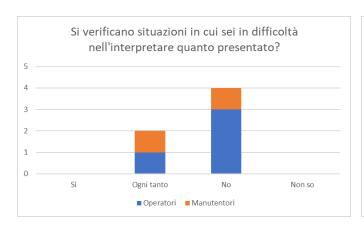




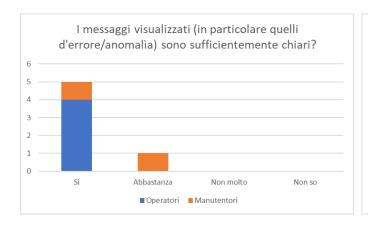


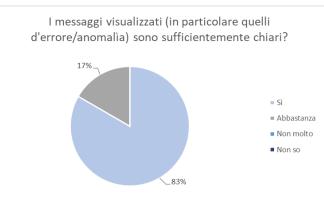




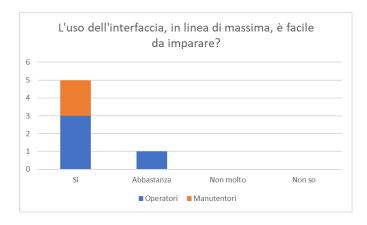




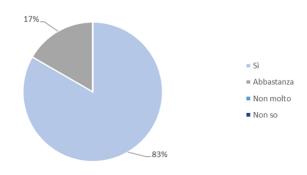


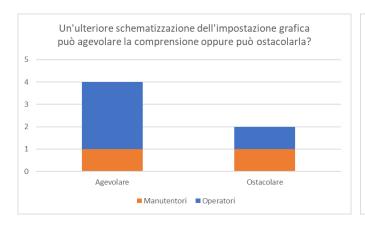


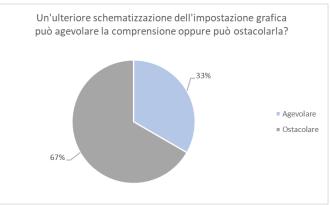
Istogrammi ed areogrammi relativi alle risposte del terzo modulo "Suggerimenti evolutivi": numerosità del campione n=6



L'uso dell'interfaccia, in linea di massima, è facile da imparare?







#### Ringraziamenti

Giunta al termine di questo percorso di studi e riflettendo sugli anni appena trascorsi, posso senz'altro affermare che durante questo periodo ho avuto modo di affrontare nuove esperienze e di conoscere nuove persone che, chi per più tempo, chi per meno, hanno condiviso parte del loro tempo con me. A conclusione di questo lavoro di tesi, dunque, è davvero doveroso, da parte mia, ringraziare tutti coloro che sono stati presenti.

Un grazie speciale, innanzitutto, ai miei genitori ed a mio fratello Silvio che, in questi anni, mi hanno supportato e sopportato, in vari modi.

Grazie agli amici di sempre, che mi hanno sostenuto fin dai primi giorni e con molti dei quali ho prima esplorato e poi sempre più apprezzato la nuova "vita torinese".

Grazie ai miei compagni di corso, con i quali ho vissuto questa esperienza universitaria, ed ai nuovi amici conosciuti frequentando il Politecnico. L'unione fa la forza, insieme il tempo sembra sia trascorso più velocemente e noi abbiamo finalmente raggiunto la tanto sperata meta.

Grazie alla mia relatrice Prof.ssa Eleonora Atzeni, al mio tutor aziendale Ing. Eugenio Alessandria, alla Dott.ssa Chiara Nanni, all'Ing. Stefano Conti ed a tutti coloro che ho conosciuto durante i mesi di tirocinio e di svolgimento della tesi; questa esperienza, ultima ma solamente in ordine temporale, è stata di grande valore: ho conosciuto persone fantastiche ed ho avuto la conferma che se si pone la semplicità alla base, con le giuste competenze si possono costruire grandi realtà e la Ferrero ne è la chiara dimostrazione.

Infine, un ringraziamento al Politecnico perché negli ultimi cinque anni ho trascorso indubbiamente più tempo al suo interno che in ogni altro luogo e, sebbene si siano alternati momenti più felici ed altri meno, mi ha fatto crescere non solo dal punto di vista professionale ma anche da quello personale. Ora che sono giunta al termine di questo percorso universitario, volgendo idealmente lo sguardo al periodo appena trascorso, posso senz'altro affermare che, nonostante tutto, è stata un'esperienza preziosa e, sicuramente, così la ricorderò ogni volta che vi penserò.

Dunque grazie, anche a coloro che, involontariamente, ho dimenticato di citare qui: grazie di cuore a tutti.

#### Bibliografia

- Baxter user guide

  http://mfg.rethinkrobotics.com/wiki/a/images/8/8c/Baxter\_User\_Guide\_3.3.pdf
- Cantamessa M., Montagna F., *Management of innovation and product development*, Springer, 2015
- Dispense corso "Gestione dell'innovazione e sviluppo prodotto", Polito a.a.
   2017/2018
- Documentazione di studio Ferrero ENGINEERING
- Jia Feng, An evaluation of the Pomodoro Technique for stopping procrastination and behaviour change http://www.cs.bham.ac.uk/~rjh/courses/ResearchTopicsInHCI/2015-16/Submissions/fengjia.pdf
- Kashumi Madampe, Successful Adoption of Agile Project Management in Software

  Development Industry, International Journal of Computer Science and Information

  Technology Research, October December 2017 
  https://www.researchgate.net/publication/321212671\_Successful\_Adoption\_of\_Agil
  e\_Project\_Management\_in\_Software\_Development\_Industry
- Mark C. Layton, Steven J. Ostermiller, *Agile Project Management for Dummies*, 2<sup>nd</sup> *Edition*, 2017
- PMBOK Guide Project Management Body Of Knowledge
- Pomodoro Technique for time management, Nebraska Business Development Center - https://www.unomaha.edu/nebraska-business-developmentcenter/\_files/publications/time-management.pdf
- Royce, W.W., 1970, Managing the Development of Large Software Systems,
   Proceedings of IEEE WESCON (August) https://leadinganswers.typepad.com/leading\_answers/files/original\_waterfall\_paper\_winston\_royce.pdf
- The  $12^{th}$  annual state of agile report, 2018

- The Scrum Guide The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game,
   November 2017
- Timo Jokela, Netta Iivari, Juha Matero, Minna Karukka, 2003, *The Standard of User-Centered Design and the Standard. Definition of Usability: Analyzing ISO 13407 against ISO 9241-11*
- Yogeshwar Shastri, Rashina Hoda, Robert Amor, 2016, Does the Project Manager still exist in Agile Software Development Projects?
   https://www.researchgate.net/publication/308796930\_Does\_the\_Project\_Manager\_S till Exist in Agile Software Development Projects
- Yogeshwar Shastri, Rashina Hoda, Robert Amor, Febbraio 2017, Understanding the Roles of the Manager in Agile Project Management https://www.researchgate.net/publication/312077636\_Understanding\_the\_Roles\_of\_the Manager in Agile Project Management

#### Sitografia

- gartner.com/smarterwithgartner
- http://hmr.di.unipi.it/Corso/STI 201516-MDelrio-Percorso.pdf
- http://www.color-blindness.com/coblis-color-blindness-simulator/
- http://www.cs.unibo.it/~fabio/corsi/ium00/slides/hci/11-interfacce/11-interfacce.pdf
- http://www.eng.utoledo.edu/~wevans/chap15 S.pdf
- http://www.humanwareonline.com/project-management/center/pmbok-agile/
- http://www.iwebdesigner.it/architettura-dellinformazione/donald-norman-e-golfi-principi-di-usabilita-31706.html
- http://www.rpolillo.it/faciledausare/Cap.3.htm
- http://www.susannafer.com/wordpress/il-ruolo-del-product-owner/
- http://www.umsl.edu/~hugheyd/is6840/waterfall.html
- http://www.sers.di.uniroma1.it/~poti/LUCIDI/lezione3.pdf
- https://cordis.europa.eu/project/rcn/218631/factsheet/it
- https://elite.polito.it/files/courses/02CIX/2018-2019/slide/07 UsereXperience.pdf
- https://elite.polito.it/files/courses/02CIX/2018-2019/slide/07 UsereXperience.pdf
- https://faculty.washington.edu/jtenenbg/courses/360/f04/sessions/schneidermanGold enRules.html
- https://francescocirillo.com/pages/pomodoro-technique
- https://koops.com/cobots-vs-robots-difference/
- https://medium.com/@giovannighirardi/i-6-princ%C3%ACpi-fondamentali-di-norman-nellinteractive-design-74ab2c55ee59
- https://new.abb.com/products/robotics/it/robot-industriali/yumi
- https://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-831-user-interface-design-and-implementation-spring-2011/lecture-notes/

- https://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-831user-interface-design-and-implementation-spring-2011/lecturenotes/MIT6\_831S11\_lec04.pdf
- https://www.arizton.com/market-reports/human-machine-interface-market
- https://www.bcg.com/it-it/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth.aspx
- https://www.disciplinedagiledelivery.com/agility-at-scale/geographically-distributed-agile-teams/
- https://www.esa-automation.com/wp-content/uploads/2017/10/04\_Linee-guida-per-la-progettazione-di-interfacce-utente-touch-screen.pdf
- https://www.hannovermesse.de/en/news/robot-or-cobot-the-five-key-differences.xhtml
- https://www.interaction-design.org/literature/article/shneiderman-s-eight-golden-rules-will-help-you-design-better-interfaces
- https://www.nature.com/articles/s41467-018-08173-y
- https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/
- https://www.proglove.de/
- https://www.usabile.it/272004.htm