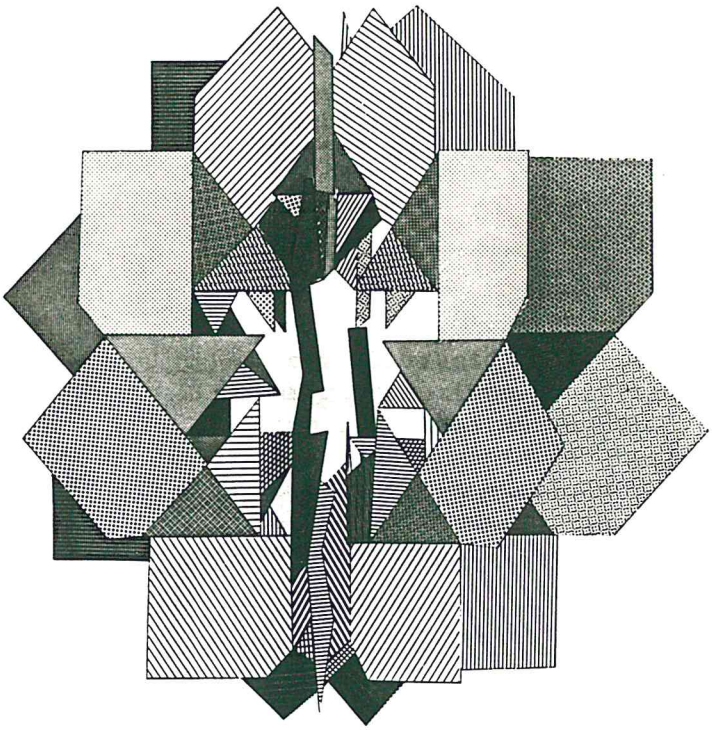
18

ASSOCIAZIONE NAZIONALE ITALIANA
PER L'AUTOMAZIONE

XXXIII CONVEGNO NAZIONALE ANNUALE DI AUTOMAZIONE

ANIPLA '89



Roma 14 - 16 novembre 1989

ATTI
VOLUME 2

MISAI

Master in Ingegneria dei Sistemi di Automazione Integrata

(Un nuovo corso del CUOA di Vicenza per laureati in ingegneria)

Francesco DA VILLA - Università di Padova
Alberto DE TONI - Università di Udine
Pier Luigi PICCARI - Università di Roma

Sommario

In questo articolo desideriamo presentare la nostra esperienza nella progettazione di un corso destinato a ingegneri italiani neo-laureati per la specializzazione in Gestione della Tecnologia dell'Automazione Manifatturiera.
Vengono descritte le motivazioni del progetto di corso e la figura professionale che si intende formare: un manager in grado di dare un reale contributo al passaggio dalle tecnologie tradizionali verso le tecnologie flessibili integrate.
Viene descritto il percorso formativo e si dà un cenno sommario ai contenuti del programma da cui risulta che particolare enfasi sarà data alle tematiche relative all' implementazione dell'automazione con tutte le sue implicazioni di natura organizzativo-gestionale. I temi più rilevanti previsti dal programma sono: la definizione di un piano di automazione; i cambiamenti organizzativi; il Project Management; la gestione dei rapporti con i fornitori (sia "tradizionali" che dei prodotti di automazioe); i cambiamenti nei sistemi gestionali.
Il paper si conclude con la descrizione dell'attuale stato di avanzamento del progetto e con la precisazione delle aziende multinazionali che ne garantiscono la sponsorizzazione.

L'AUTOMAZIONE MANIFATTURIERA: UN QUADRO DI RIFERIMENTO

E' ormai ragionevole ritenere che entro la fine del secolo la produzione automatizzata rappresenterà la regola nelle lavorazioni manifatturiere. In questa prospettiva è del massimo interesse identificare i percorsi attraverso i quali si verificherà la sua diffusione.
L'automazione che sta oggi entrando nelle fabbriche e ancora più quella in corso di sviluppo, differisce notevolmente da quella che da decenni è stata applicata: si tratta di un'automazione "intelligente" e flessibile e ciò ne amplia in prospettiva il campo di applicazione, sia per l'acquisizione di nuove funzioni, sia per l'estensione a nuove produzioni.
Infatti l'"intelligenza" delle macchine è destinata ad incrementarsi, a costi rapidamente decrescenti, quando ad essa verranno applicati i prodotti dell'informatica attualmente in sviluppo. Ne trarrà beneficio anche la flessibilità, che è destinata ad ulteriori importanti salti qualitativi e quantitativi tramite gli sviluppi dell'intelligenza artificiale e di sensori che permettano una percezione più significativa nell'ambiente operativo.
Il risultato sarà quello di rendere tecnicamente ed economicamente fattibile l'automazione di un numero sempre più grande di processi produttivi, ivi compresi quelli fondati su operazioni di manipolazione e di montaggio.
Il punto di arrivo dell'evoluzione in atto può essere considerato, sotto un profilo puramente tecnologico, la fabbrica automatica: un complesso produttivo nel quale non solo le lavorazioni, ma anche le funzioni gestionali, saranno affidate ad una "intelligenza integrata" e cioè in grado di garantire tutte le interconnessioni necessarie per realizzare l'automazione integrata.
L'automazione integrata comporta investimenti rilevanti, oltre che nuove competenze tecniche ed organizzative. E tutto ciò è destinato a scontrarsi con vincoli di fattibilità finanziaria e di disponibilità di risorse umane.
Le applicazioni più recenti dell'automazione flessibile - anche se talvolta molto parziali e quindi non integrate - dimostrano che:

1. è possibile frazionare i volumi produttivi in gamme più articolate, permettendo ai progettisti di offrire soluzioni meglio calibrate sui bisogni della clientela;

2. la riduzione del tempo di conversione da un prodotto all'altro consente di abbreviare il ciclo di vita dei prodotti, accelerando l'incorporazione delle innovazioni;

3. l'abbassamento del costo di tali conversioni ne consente un uso più dinamico, anche ai fini di strategia commerciale;

4. la stessa definizione dei prodotti può essere modificata, tenendo conto dell'intelligenza e dell'accuratezza di lavorazione ottenibili a basso costo con i nuovi processi sfruttando al meglio le tecniche di progettazione assistita dal calcolatore.

Tutto ciò comporta un effettivo arricchimento dei prodotti offerti, che le imprese riescono ad utilizzare come nuova arma competitiva.
In quest'ottica appare evidente che i maggiori vantaggi derivanti dall'utilizzazione dell'automazione flessibile stanno potenzialmente non solo dal lato della riduzione dei costi, ma anche da quello dell'aumento dei ricavi.
L'acquisizione da parte delle imprese di queste nuove tecniche produttive in un'ottica di integrazione delle applicazioni parziali - integrazione delle cosiddette "isole di automazione" - e lo sviluppo di tecniche gestionali capaci di sfruttarne a fondo i vantaggi, sono oggi l'oggetto dell'attenzione delle imprese più avanzate, e costituiscono fattori importanti nella ridefinizione delle strutture industriali dei paesi economicamente sviluppati.
La diffusione di tali tecniche produttive trova comunque una serie di ostacoli; uno di questi è certamente di natura finanziaria a causa dell'entità degli investimenti necessari. Ancora maggiore però è il vincolo rappresentato dalla scarsità delle competenze disponibili. Il fattore principale per la diffusione dell'automazione flessibile è infatti costituito dal capitale umano: si tratta ovviamente di un "capitale" non generico, ma costituito di profili professionali ben definiti sia in termini tecnici che organizzativo-gestionali.
Così come il capitale fisico anche il capitale umano ha le sue leggi di formazione, secondo le quali lo stock disponibile ad un dato tempo è funzione dello stock iniziale, del tasso di investimento dei tempi precedenti e della rapidità di obsolescenza.
L'utilizzazione delle nuove tecnologie richiede un aumento notevolissimo delle competenze destinate al governo del processo produttivo.
Esse vanno intese nel senso più lato: non si tratta solo di assicurare l'efficienza degli impianti, ma di ottimizzarne lo sfruttamento in termini di programmazione del portafoglio ottimale di prodotti, di gestione dello stesso sui diversi mercati, di accoppiamento ottimale di tecnologie produttive e caratteristiche progettuali.
Il processo tradizionale di formazione delle competenze all'interno delle imprese, basato essenzialmente sull'apprendimento per esperienza fatta sul posto di lavoro, non può fare fronte alle esigenze sia in termini quantitativi, perchè la disponibilità di questi profili professionali deve moltiplicarsi nel giro di pochi anni.
Occorre quindi formare nuove competenze con procedimenti accelerati, necessariamente di tipo misto - sia istituzionale che non istituzionale - e ciò non appare facile in relazione alla possibilità del sistema industriale italiano in cui prevalgono le imprese medie e piccole, e in relazione alle difficoltà organizzative del nostro sistema educativo ad adeguare la propria offerta di formazione.

PERCHE' UN NUOVO MASTER

In questa nota desideriamo presentare l'esperienza che, presso il CUOA (Consorzio Universitario per gli Studi di Organizzazione Aziendale) di Vicenza, è stata fatta nell'attività di progettazione di un corso

destinato a ingegneri neo-laureati e/o con una breve esperienza lavorativa nell'area dell'Operations Management.
Si tratta di un "corso lungo" - del tipo di quelli che in Italia prendono il nome di corso Master - progettato al fine di fornire le professionalità necessarie per l'implementazione di prodotti di automazione in ambienti manifatturieri.
Il presupposto fondamentale del progetto che stiamo presentando deriva dall'osservazione del tipo di preparazione degli ingegneri in materia di automazione quando escono dalle Università Italiane. Si tratta di una preparazione eminentemente tecnica in cui prevalgono le conoscenze tecnologiche su "come lavorano" determinati prodotti informatici, quali sono i dettagli hardware e software dei prodotti stessi, quali le interfacce con l'utente, quali le caratteristiche della rete locale etc..
Accanto a questo tipo di preparazione non si trovano altre competenze che, viceversa, sono essenziali: manca infatti qualsiasi preparazione in materia di "Implementazione" dei prodotti dell'automazione negli ambienti manifatturieri. E' precisamente a causa di questa carenza - relativa, appunto, all' "Implementazione" dell'automazione con tutte le sue implicazioni organizzative, gestionali e strategiche - che si è ritenuto opportuno predisporre un progetto di corso mirante a colmare questo tipo di lacuna. Essendo in questo confortati dall'osservazione empirica del mondo delle imprese da cui è stato possibile evincere quali sono le principali aspettative delle imprese che, nell' affrontare le complessità dei progetti di automazione manifatturiera, intendono avvalersi del contributo professionale degli ingegneri.

L'IMPRESA DI FRONTE AL PROBLEMA DELL'ADOZIONE DELLE TECNOLOGIE DELLA AUTOMAZIONE

L'osservazione empirica dei processi di adozione delle tecnologie dell'automazione integrata - universalmente conosciute come tecnologie CIM - da parte delle imprese manifatturiere consente di descrivere alcune "figure" di protagonisti presenti nel quadro di riferimento.
Una prima figura è quella corrispondente al "costruttore" di prodotti CIM - sia hardware che software; sia di automazione che di telematica - che possiede determinate capacità di ricerca e sviluppo di prodotti CIM da proporre al mercato. Si tratta di prodotti che rappresentano continui spostamenti in avanti delle frontiere delle conoscenze scientifiche; sono prodotti che riescono a fornire prestazioni sempre più elevate e sempre più "user friendly" oltre che a costi decrescenti.

Un secondo protagonista è colui che, per semplicità, potremmo chiamare "venditore". E' la figura destinata ad interagire con il potenziale "utilizzatore".

Una caratteristica di questo protagonista è quella di dovere riassumere in sè molti connotati differenti; quello del commerciale in quanto deve riuscire a vendere; quella del tecnico dei prodotti CIM dei quali deve essere profondo conoscitore; quello di consulente di organizzazione perchè deve riuscire a dimostrare al proprio interlocutore che certi problemi oraganizzativo-gestionali potrebbero venir risolti tramite l'adozione della tecnologia incorporata nel prodotto che sta proponendo. E questa necessaria molteplicità di ruoli gioca spesso negativamente nella dinamica del rapporto del "venditore" con il potenziale cliente.

Il terzo protagonista è rappresentativo dell'Azienda manifatturiera che deve riuscire a valutare le proposte che provengono da svariate fonti. Si tratta di proposte differenti a prezzi differenti e con differenti prestazioni prevedibili. La capacità da parte dell'Azienda di selezionare le differenti proposte è piuttosto scarsa; e altrettanto scarsa è la competenza nel giudicare circa la coerenza tra obiettivi di prestazioni attese dall'Azienda e prestazioni effettivamente ottenibili dai diversi prodotti che vengono esaminati. E questi fenomeni derivano da:

- oggettiva difficoltà di pervenire a valutazioni tecniche di una molteplicità di prodotti molto complessi e sofisticati tra loro in competizione;

- insufficienti capacità analitiche presenti in Azienda per sviluppare modelli rappresentativi della "situazione attuale" da porre a

  confronto con la prefigurabile "situazione futura" in termini di processi, funzioni e attività del business (identificando nitidamente e quantitativamente gli obiettivi prestazionali quali: "time-to-market"; "lead-times"; "work-in-process"; ed inoltre le caratteristiche tecniche fondamentali quali: interfacce di sistema, modelli di scambi di informazioni, fabbisogni di data base, informazioni circa le tendenze di sviluppo della tecnologia etc.);

- insufficienti capacità di sviluppare consistenti modelli per la valutazione, in termini di costi-benefici, delle diverse alternative possibili.

Il quadro di riferimento ora brevemente delineato sta alla base dell'idea strategica del CUOA di progettare un nuovo tipo di corso Master per la preparazione di una figura professionale idonea a svolgere un ruolo determinante in questa fase di transizione dell'industria italiana verso più elevati livelli di automazione.

LA FIGURA PROFESSIONALE DI RIFERIMENTO

L'obiettivo del Master è quello di formare dei quadri aziendali in grado, con successivo approfondimento sul campo, di dare un reale contributo alle imprese in questa delicata e non breve fase storica di

passaggio dalle tecnologie tradizionali verso le tecnologie flessibili integrate. Il fine ultimo del Master è quello di fornire una metodologia di lavoro che consenta all'allievo, una volta entrato in azienda, di attuare i piani innovativi dell'impresa.
La formazione al proprio interno di tali professionalità risulta estremamente onerosa in termine di risorse impegnate e tempi necessari per le grandi imprese, mentre risulta quasi impossibile per le medie e piccole imprese per le competenze complessive richieste.
Le due figure professionali che già in via preliminare è possibile distinguere sono funzione delle dimensioni dell'impresa in cui l'allievo andrà ad operare:

- Impresa di medie e piccole dimensioni: il profilo professionale è quello di un tecnico collocato all'interno della direzione di produzione in grado di interagire con l'ambiente esterno e di cogliere le opportunità tecnologiche legandole alla realtà e alle criticità interne. Il compito sarà successivamente quello di coordinare le risorse esterne, secondo le modalità definite in sede di formulazione del progetto di innovazione.
- Impresa di grandi dimensioni: il profilo professionale è quello di un tecnico inserito all'interno di un gruppo nell'ambito di un progetto di automazione complesso. Il compito è quello di partecipare attivamente al processo di innovazione di prodotto/processo, interagendo positivamente nella dinamica di gruppo.

In ultima analisi entrambi i profili proposti si riconducono a quello di un tecnico che abbia acquisito conoscenze gestionali, capace di contribuire allo sviluppo innovativo e al consolidamento delle innovazioni apportate.
Gestire, sviluppare e consolidare innovazioni sono quindi le funzioni principali che la figura professionale individuata è chiamata a svolgere.
Un profilo professionale come quello descritto richiede una adeguata preparazione tecnico-scientifica di base, come quella derivante del conseguimento di una laurea in facoltà scientifiche, integrata con:
- conoscenze approfondite sullo stato dell'arte dell'automazione nelle diverse aree;
- capacità di visione integrata o "sistemica" dei problemi aziendali;
- capacità di inserirsi efficacemente in gruppi di lavoro differenziati;
- capacità di progettazione di sistemi integrati di produzione.

La conseguenza logica sul piano formativo è quella di completare la preparazione universitaria con un Master di specializzazione post-lauream di durata sufficientemente significativa per poter maturare conoscenze, abilità e comportamenti richiesti dal ruolo più sopra tratteggiato. Da qui la validità del Master proposto volto a preparare professionalmente un "potenziale manager" capace di inserirsi attivamente e rapidamente in aziende impegnate in progetti di transizione verso l'automazione.

IL PERCORSO FORMATIVO

Per tracciare un opportuno percorso formativo, si può ricorrere alla ormai classica distinzione fra le aree del "sapere" da trasmettere. In altre parole, pensando ai contenuti didattici del Master, questo dovrà articolarsi in un programma atto a:

* Fornire conoscenze

Siamo al livello del "sapere". Possedere cioè le "conoscenze di sfondo" (background knowledge) ritenute bagaglio necessario per operare positivamente nell'ambiente specifico; esse riguardano:

- i contenuti delle singole aree dell'automazione manifatturiera (non solo in termini descrittivi, ma anche tramite sperimentazioni operative);
- lo stato dell'arte dell'automazione in termini di soluzioni tecnologiche esistenti ed alternative, anche tramite una visione generale del network dei fornitori di tecnologia e la conoscenza delle metodologie e dei criteri di valutazione degli stessi;
- la conoscenza del contesto aziendale come realtà di riferimento e di cui si devono conoscere le logiche di funzionamento, le regole, i fattori critici, le interdipendenze interne ed esterne.

* Sviluppare capacità

Viene intesa nel senso tradizionale del "saper fare" - a livello di metodo e di approccio ai problemi - particolarmente significativo nel contesto dei progetti di automazione per loro natura particolarmente complessi.
Dovranno essere sviluppate le capacità di:

- approccio sistematico all'analisi di sistemi operativi complessi, basato su un forte orientamento al "problem setting", all'approccio ricorsivo, alla capacità di ricostruire modelli interpretativi;
- gestione di interfacce molteplici e diversificate, sia interne che esterne, che vanno innanzitutto riconosciute, quindi nitidamente focalizzate anche in termini quantitativi e gestite opportunamente sia singolarmente che, soprattutto, nel loro insieme;
- progettazione di nuove situazioni non solo in termini tecnici, ma anche nei loro riflessi gestionali ed organizzativi.

* Sviluppare abilità

Ci si pone qui, anche se solo come simulazione (rinforzata peraltro da iniziali esperienze sul campo coi lavori di progetto), al livello del "saper essere", del vivere in una situazione organizzativa con molti attori e quindi in ambiente fitto di relazioni. E' l'area del comportamento organizzativo.

Lo studente dovrà acquisire sufficienti abilità di:

- comunicazione e negoziazione in situazioni di attività finalizzate per obiettivi, sia individuali che di gruppo;
- di integrazione in gruppi di lavoro fortemente differenziati sia sul piano delle specializzazioni che della strutturazione dei gruppi stessi;
- di sviluppo sempre a livello sia individuale che di gruppo, della creatività, sviluppata dall'apprendimento organizzativo, dalla fertilizzazione incrociata, dall'imparare ad imparare.

CONTENUTI

Il progetto di corso Master comprende una serie di temi che sono stati messi a punto con la collaborazione di persone che hanno avuto l'opportunità di verificare "dal vivo" quali sono le maggiori difficoltà da superare nell'implementazione dei progetti di introduzione dell' "automazione" in azienda.
Il corso, della durata di dodici mesi a tempo pieno, comprende una prima parte dedicata a temi che rientrano nel campo del "General Management". La seconda parte è dedicata ad una panoramica tecnologica delle tre grandi aree di applicazione dell'automazione manifatturiera: l'area delle operazioni manifatturiere (le attività di preautomazione e il JIT; Robotica, NC, FMS, AGV etc.); l'area della progettazione/industrializzazione dei prodotti (tecniche CAD, CAE, CAPP, NCPP etc.); l'area della gestione dei flussi logistici manifatturieri (tecniche MRP e MRP II etc.).
La terza parte del corso è dedicata alle tematiche più strettamente legate alla Implementazione dei progetti di automazione. Gli argomenti principali possono essere precisati nel modo seguente:

- La definizione del progetto di automazione: il piano di prodotto; l'integrazione del piano di prodotto col piano di automazione del processo; le attività di preautomazione; il piano organizzativo e di formazione; le scomposizioni in fasi del progetto e definizioni delle priorità; identificazione degli effetti della automazione sulle prestazioni d'impresa; analisi costi/benefici del progetto; la presentazione e l'approvazione del progetto.

- Il cambiamento organizzativo: l'innovazione come cambiamento organizzativo; modalità di gestione dell'innovazione; comunicazione e apprendimento organizzativo; lo sviluppo della creatività; la resistenza al cambiamento e l'intervento organizzativo, la negoziazione.

- La gestione per progetti: il project management; metodi di programmazione e controllo dei progetti; il gruppo di progetto; gli skills del project manager; il project manager nell'introduzione di sistemi di automazione; il project financing.

- La gestione dei rapporti con i fornitori: il rapporto con i fornitori di tecnologie per l'automazione; la formulazione delle specifiche; effetti delle scelte di un sistema di automazione sui fornitori "tradizionali"; il problema dell'integrazione interno/esterno.

- Stipulazione dei contratti: la criticità della formulazione delle specifiche di fornitura; la formulazione di un contratto di fornitura; i controlli degli avanzamenti e della conformità delle forniture.

- Il cambiamento nei sistemi gestionali: nuovi sistemi di selezione, formazione, valutazione, incentivazione; la criticità della manutenzione degli impianti; il "costing" nei sistemi automatizzati; nuovi problemi e nuove modalità del controllo qualità; l'"order entry" e il nuovo rapporto vendite/produzione; l'esigenza dell'anticipazione temporale degli interventi di adattamento dei sistemi gestionali.

Questa terza parte del programma verrà sviluppata, pressochè integralmente, utilizzando il metodo dello studio di casi. E' importante precisare che la letteratura non è certo abbondante in materia di casi relativi al problema dell'implementazione dell'automazione manifatturiera. Per questo motivo è stato predisposto uno specifico budget per la stesura di casi aziendali originali. A tale fine è già stata assicurata la collaborazione di aziende sia "fornitrici" che "utenti" di prodotti informatici per l'automazione.
E' facile rendersi conto come questa terza parte sia quella più qualificante perchè dedicata appunto ai temi dell'implementazione dell'automazione in tutti i suoi aspetti organizzativi e gestionali ma soprattutto per il fatto che essa viene integrata da un "project work" cioè da un lavoro che lo studente deve svolgere presso un'azienda. Deve trattarsi di un'azienda che presenti problemi reali e concreti programmi di investimento in automazione manifatturiera. Il "project work" fa parte integrante della terza parte del corso Master e non può durare meno di 2,5 mesi.

LA STRUTTURA ORGANIZZATIVA

Per la messa a punto del programma del corso Master è stato necessario potersi avvalere di una struttura organizzativa - rappresentata dal CUOA che è un Consorzio che riunisce cinque Università Italiane dell'area nord-orientale e una settantina di enti pubblici e aziende private - in grado di realizzare le necessarie sinergie tra persone provenienti dall' Università - che è il depositario delle tecnologie dell' "education" - e persone appartenenti ai due tipici ambienti interessati ai problemi dell'automazione: l'ambiente dei "fornitori" dei prodotti di automazione e quello degli "utenti".
Presso il CUOA è stato possibile realizzare una particolare forma di collaborazione che ha consentito di integrare le differenti esperienze

di tipo .teorico - tramite il personale universitario - e di tipo empirico/pratico basate sul vissuto di chi ha operato concretamente come fornitore di prodotti di automazione oppure come utente e quindi come protagonista della trasformazione organizzativa che si accompagna all'implementazione dell'automazione negli ambienti manifatturieri.
Il CUOA ritiene che questo nuovo corso Master rappresenti l'occasione per riuscire a condensare in un unico punto una molteplicità di differenti esperienze in materia di implementazione dell'automazione manifatturiera superando così l'attuale limitatezza di esperienze consolidate. Si pensa di poter in tale modo contribuire alla formazione della figura professionale del "System Integrator" cioè di colui che è in grado sia di elaborare un proprio modello di riferimento organizzativo - in coerenza con la strategia dell' impresa - sia di svolgere le necessarie funzioni di integrazione tra sottosistemi eterogenei e distribuiti.

LO STATO ATTUALE DEL PROGETTO

Due grandi *sponsors* stanno attualmente dando un significativo supporto al nuovo progetto di corso "Master in Ingegneria dei Sistemi di Automazione Integrata". Si tratta della Digital Equipment Corporation (DEC Italia) - dal lato "fornitori" di prodotti di automazione - e della Electrolux/Zanussi per quanto riguarda il lato "utenti". La sponsorizzazione si realizza tramite tre differenti forme:

* l'assegnazione di un numero molto significativo di borse di studio a copertura della tassa di iscrizione;
* l'accesso dei ricercatori universitari nelle imprese per la rilevazione sul campo dei casi aziendali;
* l'utilizzazione di personale aziendale in qualità di docente/testimone per determinati argomenti di natura specialistica.

Accanto ai due sponsors ora citati, altre aziende hanno accettato di rendere disponibili borse di studio per giovani laureati in ingegneria. Si tratta di aziende manifatturiere impegnate in progetti di automazione oppure di aziende operanti nel settore dell'informatica che si propongono come fornitori di prodotti per l'automazione manifatturiera. Il numero totale delle borse rese disponibili dalle aziende fa ritenere che quasi il 100% dei posti disponibili sarà coperto da una borsa di studio.
Il supporto che il CUOA è riuscito ad assicurarsi da parte del mondo delle imprese (sia fornitrici che utenti) viene giudicato dal CUOA stesso come un segnale molto chiaro di assoluta validità del progetto e rappresenta motivo di sostegno allo sforzo organizzativo e finanziario che tale progetto impone.

BIBLIOGRAFIA

ADLER P.S. (1988). Managing flexible automation. California Management Review, Spring, 34-56.

BROWN G., W. MATLEY (1978). Engineering training through practice as well as theory. European Journal of Engineering Education, 3, 43-54.

CARASSA F., G.B. STRACCA (1984). Italy-role and status of engineers in italian society: tradition and future. European Journal of Engineering Education, 9, 35-47.

DEAN T.A., (1988). An undergraduate course in engineering, manufacture and management. European Journal of Engineering Education, 4, 391-397.

DIETEREN H.M.L., (1983). The development of a postgraduate engineering course at an institute of technology in the Netherlands. European Journal of Engineering Education, 7, 363-366.

GALVIN E.P., (1985). Industry and University: paths that must converge. European Journal of Engineering Education, 10, 119-125.

GREENWOOD N.R., (1988). Implementing Flexible Manufacturing Systems. Macmillan Education Ltd, London.

JENKINS D.E.P., (1983). Editorial curriculum development for future engineers. European Journal of Engineering Education, 8, 1-4.

KAKABADSE A., and S. MUKHI, (1986). The future of Management Education. Gower Publishing Company Ltd, Aldershot.

KNOP P., (1983). The role of industry-professional societies and academia in the continuing education of engineers. European Journal of Engineering Education, 7, 325-329.

KOCHAN A., and D. COWAN, (1986). Implementing CIM. IFS Ltd, Springer - Verlag.

MASARNAU J., (1988). Product development as a fuzzy interface between technical and no-technical education. European Journal of Engineering Education, 4, 431-437.

METHA A.C., (1987). Integrating islands of automation is management, not technical problem. Industrial Engineering, November, 42-49.

MEYER-DOHM P., (1983). Some remarks of cooperation between industry and academic institutions in continuing engineering education. European Journal of Engineering Education, 7, 337-340.

NEMETZ P.L., and L.W. FRY, (1988). Flexible manufacturing organizations: implications for strategy formulation and organization design. Academy of Management Review, Vol. 13, n. 4, October.

PERRY E.R., (1983). Engineering curricula for encouraging creativity and innovation. European Journal of Engineering Education, 8, 29-43.

RUTHERFORD R.J.D, and G.W. ROWE (1987). Teaching innovation in engineering: theory and practice. European Journal of Engineering Education, 4, 377-386.

WEATHERALL A., (1988). CIM - From fundamentals to implementation. Buttherworths, London.