

Crudele Michele

La formazione informatica nel corso di laurea in ingegneria biomedica: una proposta
XI Congresso Nazionale di Informatica Medica, Albano Terme, 15-17 2001
Archivio BIBLIOTECA "Università Campus Bio-Medico" di Roma

Copia esclusivamente
ad uso personale o di
ricerca

LA FORMAZIONE INFORMATICA NEL CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA BIOMEDICA: UNA PROPOSTA

CRUDELE Michele °, IANNELLO Giulio °*, MARRELLI Luigi °**
m.crudele@unicampus.it, iannello@unina.it, imarrelli@unicampus.it

°Libera Università "Campus Bio-Medico" di Roma

* Università di Napoli Federico II

**Università di Roma "La Sapienza"

1. Riassunto

In questo lavoro riportiamo l'esperienza maturata presso l'Università "Campus Bio-Medico" di Roma nella progettazione dei corsi di informatica per il nuovo corso di Laurea in Ingegneria Biomedica. Il ruolo che l'informatica ha in questo Corso di Laurea e la sua marcata interdisciplinarietà ha portato a identificare un'offerta formativa strutturata su tre livelli e fortemente integrata con gli altri corsi caratterizzanti il Corso di Laurea. Oltre a discutere l'organizzazione didattica e le sue motivazioni, nel lavoro riportiamo anche alcuni dati sulle prime esperienze di attuazione dell'organizzazione formativa proposta.

2. Introduzione

La formazione informatica rappresenta certamente una componente essenziale negli studi di Ingegneria. Negli ultimi anni tale esigenza si è tradotta nell'inserimento di un corso di Informatica di base in tutti i curricula di studi, con l'aggiunta di uno o più corsi specialistici in alcuni casi particolari. Nella maggior parte dei casi, tuttavia, questa articolazione e lo scarso coordinamento tra le diverse attività didattiche ha limitato l'impatto della formazione informatica sulla formazione complessiva dell'ingegnere.

Tra i Corsi di Laurea che prevedono più di un corso di Informatica vi è quello in Ingegneria Biomedica che costituisce una novità interessante nell'offerta formativa delle Facoltà di Ingegneria e si caratterizza per una forte interdisciplinarietà che coinvolge tutti i settori tradizionali dell'Ingegneria (Civile, Industriale e dell'Informazione) insieme a materie tipiche degli studi di Medicina. E' richiesto perciò un attento bilanciamento delle attività formative e un forte coordinamento nel loro svolgimento.

La Libera Università "Campus Bio-Medico" di Roma è un ente di diritto pubblico autorizzato a rilasciare titoli di studio di livello universitario con valore legale. L'Ateneo, con sede in Roma "promuove strutture integrate di ricerca scientifica, di insegnamento universitario e di assistenza medico-sanitaria, che siano rispondenti all'eccellente dignità della persona umana, al suo diritto alla vita e alla salute". Attualmente comprende due facoltà: la Facoltà di Medicina e Chirurgia con il Corso di Laurea in Medicina e Chirurgia, il Diploma Universitario per Infermiere e il Diploma Universitario per Dietista (che nel prossimo anno cambieranno nome in conseguenza della recente riforma universitaria); e la Facoltà di Ingegneria con il Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica. Il Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica ha iniziato le attività didattiche nell'anno accademico 1999/2000. Attualmente sono attivi i primi due anni con circa 100 iscritti.

L'articolazione del Manifesto degli Studi del nuovo Corso di Laurea ha tenuto conto sin dall'inizio della riforma degli studi universitari, allora in itinere, ed emanata nello scorso anno. Tale riforma, per la sua natura fortemente innovativa, costituisce uno stimolo ad una stretta integrazione tra le diverse attività formative ed in tale contesto può pertanto trovare una migliore soluzione il problema della formazione informatica negli studi di Ingegneria. In questo lavoro riportiamo l'esperienza maturata presso il Campus Bio-Medico nella progettazione dei corsi di informatica per il nuovo corso di Laurea in Ingegneria Biomedica. Il ruolo che l'informatica ha in questo Corso di Laurea e la sua già accennata forte interdisciplinarietà ha portato a identificare un'offerta formativa strutturata su tre livelli e fortemente integrata con gli altri corsi. Nel seguito del lavoro, oltre a discutere l'organizzazione didattica e le sue motivazioni, riportiamo anche alcuni dati sulle prime esperienze di attuazione.

3. Il Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica

L'informatica svolge un ruolo chiave nelle diverse attività dell'ingegnere biomedico, sia che si tratti della gestione del sistema ospedale sia che si tratti di sviluppare software sofisticato ed affidabile per il funzionamento delle apparecchiature per la diagnosi, la terapia e la riabilitazione. Pertanto, anche il curriculum universitario deve dare adeguato spazio alla formazione in quest'area.

Le recenti disposizioni di legge relative al riordino degli studi universitari hanno indotto a ristrutturare il corso degli studi per il conseguimento dei due titoli di studio: la laurea e la laurea specialistica.

Gli obiettivi formativi sono stati definiti come conseguenza di quelli che si prevede possano essere gli sbocchi professionali delle due categorie di professionisti. Si è quindi pervenuti nel Campus Bio-Medico a definire il laureato in Ingegneria Biomedica come un professionista destinato a lavorare prevalentemente in ambito clinico, cioè a diretto contatto con le problematiche tipiche dell'ospedale e dei medici che in quella sede operano. Il curriculum formativo prevede, quindi, discipline che riguardano gli impianti ospedalieri e la strumentazione biomedica, la sicurezza e la manutenzione delle apparecchiature, la gestione dei sistemi informativi sanitari.

Lo studente che, invece, consegue il titolo di II livello ha come prospettiva un tipo di lavoro più vicino agli aspetti della fisiologia e dell'Ingegneria cellulare e molecolare. Le caratteristiche del laureato specialista sono tali che esso possa svolgere un ruolo di interfaccia fra il mondo microscopico e la mesoscala dell'organismo umano e delle apparecchiature. Pertanto troverà prevalentemente collocazione nei centri di ricerca e sviluppo e nell'industria biomedica con vocazione all'innovazione.

Il criterio didattico che si intende seguire riguarda il modo di trasmettere i contenuti delle varie discipline, più orientato verso il *saper fare* per gli allievi del I livello e più rivolto al *perché* dei fenomeni per gli specialisti. Entrambi i profili formativi prevedono una consistente formazione nelle discipline di base (matematica, fisica, chimica e informatica) e nelle discipline tipiche dell'Ingegneria generale (elettrotecnica ed elettronica, meccanica applicata, scienza dei materiali, scienza delle costruzioni e fenomeni di trasporto di calore, materia e quantità di moto).

Particolare rilievo si intende dare, inoltre, alla responsabilità professionale dell'ingegnere biomedico che dovrà essere in grado di analizzare gli aspetti etici connessi con l'uso di tecnologie che hanno per oggetto la persona umana.

L'offerta formativa disponibile dall'anno accademico 2001-02 per il I livello di studi è sintetizzata nella Tabella I. Da notare che lo stage consiste in un tirocinio presso industrie biomediche, il Policlinico del Campus o altre aziende ospedaliere, e che i corsi di Impianti Ospedalieri e Strumentazione Biomedica danno adeguato spazio a vari aspetti della sicurezza.

Tabella I: i corsi dei primi tre anni

CORSO	SETTORE	CREDITI
I ANNO		
Analisi Matematica I	MAT/05	10
Antropologia		2
Chimica	CHIM/07	10
Economia e Gestione delle Imprese	SECS-P/08	5
Fisica Generale I	FIS/01	10
Fondamenti di Informatica	ING-INF/05	7
Geometria	MAT/03	5
Laboratorio di Informatica	ING-INF/05	3
Laboratorio di Ingegneria Biomedica	ING-IND/34 ING-INF/06	5
Lingua Straniera		3
II ANNO		
Biomateriali	ING-IND/34	5
Controlli Automatici	ING-INF/04	5
Elementi di Fisiologia ed Anatomia	BIO/03 BIO/06	10
Etica Generale		2
Fenomeni di Trasporto	ING-IND/25	5
Fisica Generale II	FIS/01	5
Sistemi Informativi Sanitari	ING-INF/06	5
Laboratorio di Ingegneria Biomedica	ING-IND/34 ING-INF/06	3
Meccanica Applicata alle Macchine	ING-IND/13	5
Meccanica dei Solidi	ICAR/08	5
Metodi Matematici per l'Ingegneria	MAT/05	10
III ANNO		
Complementi di Elettromagnetismo (Percorso generale)	FIS/01	5
Elaborazione Numerica dei Segnali Biomedici (Percorso Generale)	ING-INF/06	8
Elettronica	ING-INF/01	8
Elettrotecnica	ING-IND/31	8
Etica Applicata		2
Impianti Ospedalieri	ING-IND/34	10
Laboratorio di Misure per la Diagnostica Clinica	ING-IND/34 ING-INF/06	5
Stage (Percorso professionalizzante)		5
Stage (Percorso Professionalizzante)		8
Strumentazione Biomedica	ING-IND/34 ING-INF/06	8

Si può notare la presenza di due percorsi: uno di carattere generale, che consente l'accesso diretto alla laurea specialistica; l'altro più professionalizzante, finalizzato ad un più immediato inserimento nel mondo del lavoro.

In questo quadro didattico si inserisce, con un ruolo fondamentale, la formazione informatica degli allievi che non si esaurisce al livello della laurea ma trova ulteriori approfondimenti nel biennio di studi successivo con particolare riferimento all'elaborazione dei segnali e al supporto informatico alla diagnostica per immagini.

In particolare, per quanto riguarda la formazione impartita nei primi tre anni, da un lato si è deciso di aumentare il peso del corso introduttivo, e dall'altro di affiancare ad esso un modulo con contenuti più marcatamente applicativi. Inoltre, al terzo anno sono previsti seminari integrativi di completamento della formazione informatica per introdurre all'uso di strumenti specifici.

4. La formazione informatica di base

Il collocamento del corso di base di Informatica al primo anno è una scelta molto diffusa nelle Facoltà di Ingegneria per quasi tutti i Corsi di Laurea e tale tendenza si è ulteriormente accentuata con l'introduzione della Laurea triennale. Il motivo di tale scelta è legato sia alla natura di base della formazione informatica¹, sia alla difficoltà di inserire al primo anno i corsi degli ambiti caratterizzanti che sono vincolati a propedeuticità ben precise e che spesso richiedono all'allievo una maturità culturale che egli inizialmente non possiede.

Il collocamento al primo anno comporta una serie di problemi di natura didattica che si possono individuare essenzialmente nella notevole diversità di conoscenze ed abilità informatiche possedute dagli allievi all'ingresso e nella limitata capacità di apprendimento degli allievi al primo anno rispetto agli anni successivi. Quest'ultimo aspetto impone una selezione tra gli argomenti. La formazione informatica di base è stata pertanto articolata in due moduli di differente peso come illustrato nella Tabella II che si riferisce all'anno accademico 2000/01.

Con un primo modulo di attività quasi esclusivamente pratiche si intendono uniformare le conoscenze e le abilità informatiche degli allievi e assicurare che essi siano in grado di utilizzare con autonomia i pacchetti applicativi di base. Tali obiettivi coincidono sostanzialmente con alcune delle abilità certificate dalla Patente Europea del Computer (ECDL)², standard europeo introdotto recentemente e ormai punto di riferimento

per questa tipologia di formazione. Nell'ambito del Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica si è peraltro scelto un approccio meno formale, ritenendo eccessivo lo sforzo didattico in termini organizzativi e di impegno di tempo rispetto ai reali vantaggi specifici che il conseguimento della Patente potrebbe dare a giovani che hanno scelto di seguire un Corso di Studi così impegnativo e qualificato.

Tabella II: i contenuti dei moduli del corso del I anno

MODULO	SINTESI DEGLI ARGOMENTI
Informatizzazione di base	Programmi per la produttività individuale: elaboratori di testo, fogli elettronici, presentazioni e grafica, database. Uso di motori di ricerca per Internet.
Fondamenti di Informatica	Il linguaggio C (struttura dei programmi, strutture di controllo, tipi, array, puntatori, sottoprogrammi, librerie standard). Tecniche di sviluppo dei programmi (concetti fondamentali, algoritmi per l'elaborazione di sequenze, fasi di sviluppo del software e strumenti di supporto). Architettura dei sistemi di elaborazione (rappresentazione dei dati e aritmetica, struttura e componenti di un sistema di elaborazione, reti di calcolatori).

Nel secondo modulo di informatica, svolto nel secondo semestre del primo anno e con un peso più consistente in termini di crediti, l'obiettivo principale è quello di mettere in grado gli allievi di utilizzare le tecniche elementari della programmazione per risolvere al calcolatore problemi ben definiti che non richiedano algoritmi complessi. L'accento è posto sulla conoscenza delle regole fondamentali che governano la scrittura di programmi mediante linguaggi formali, sulla conoscenza degli schemi algoritmici di base per l'elaborazione di sequenze, e sulla conoscenza anche pratica dei moderni meccanismi a supporto dello sviluppo dei programmi come la compilazione separata e l'impiego di *debugger* simbolici. Obiettivo secondario del modulo è portare gli allievi a comprendere i principi di funzionamento di un sistema di elaborazione anche distribuito e delle sue principali parti componenti.

La delimitazione degli argomenti, evitando un allargamento su tutto il fronte della programmazione, risponde alla necessità di ottenere risultati formativi positivi per tutti gli studenti. L'esperienza di diversi docenti italiani dimostra che non è facile ottenere un'effettiva acquisizione di conoscenze teoriche e pratiche della programmazione con un corso complesso svolto tutto al primo anno.

La scelta del linguaggio di programmazione C è stata motivata da considerazioni di ordine pratico (disponibilità di ambienti di sviluppo di pubblico dominio che possano essere liberamente distribuiti agli allievi, disponibilità di testi didattici e di manuali in italiano di elevata qualità), e da considerazioni di metodo. In particolare, si è ritenuto che il C costituisse ancora oggi il miglior compromesso tra semplicità, reale utilità e generalità, rispetto a Pascal, Java o C++ che sono scelti in altre sedi come linguaggio per i corsi di base. In particolare, per quanto riguarda Java e C++, si ritiene che la scelta di un linguaggio ad oggetti comporti una doppia possibilità: orientare il corso ad un uso elementare del linguaggio come “collante” di moduli forniti da terze parti, oppure orientare il corso all’acquisizione di una metodologia ad oggetti per la progettazione e lo sviluppo del software. Entrambi questi obiettivi sembrano inadeguati perché troppo modesti o troppo ambiziosi.

5. La formazione informatica intermedia

Al secondo anno è previsto il corso di Sistemi Informativi Sanitari con l’obiettivo di far conoscere agli studenti l’impostazione e la gestione dell’architettura hardware e software di una struttura sanitaria complessa come può essere un ospedale. E’ infatti ipotizzabile, per chi termina il corso di studi al terzo anno, un inserimento nel mondo del lavoro come gestore di sistema informativo ospedaliero, mentre riteniamo non ci siano i presupposti di tempo sufficiente per dare formazione sulla progettazione di sistemi. Riteniamo che qualsiasi sia il ruolo svolto dall’ingegnere biomedico, è fondamentale la conoscenza del sistema informativo nel quale i dati di sua competenza sono riversati o al quale sono collegati. La medicina moderna utilizza infatti dati provenienti da fonti diverse per un’integrazione diagnostica che porti a un trattamento efficace.

La parte di architettura hardware è limitata alla descrizione delle piattaforme comunemente utilizzate, con particolare attenzione ai problemi di affidabilità e ridondanza per un’accessibilità continua. Nella parte dedicata al software di gestione, è rilevante la trattazione dei database e in generale delle modalità di accesso condiviso ai dati, includendo i problemi di sicurezza e riservatezza. E’ prevista infine l’analisi di un *case-study* di sistema informativo ospedaliero, per affrontare le problematiche pratiche tipiche delle strutture sanitarie italiane.

Al terzo anno, per consolidare le abilità e le conoscenze informatiche acquisite dagli allievi nei primi due anni, è previsto lo svolgimento di seminari su argomenti specifici nell’ambito dei corsi a carattere più mar-

catamente professionale. L'obiettivo è abituare gli allievi all'impiego maturo degli strumenti informatici nelle attività caratteristiche dell'ingegnere biomedico.

E' evidente che queste attività integrative devono di volta in volta adattarsi alle esigenze dei corsi cui si riferiscono e che pertanto è difficile, e in parte non opportuno, fissarle in modo rigido con largo anticipo. Esse rappresentano piuttosto uno dei frutti del clima di collaborazione tra le diverse componenti del corpo docente che caratterizza lo svolgimento delle attività didattiche presso il Campus Bio-Medico, anche in forte collaborazione con la Facoltà di Medicina e Chirurgia.

Allo stato attuale sono stati individuati tre ambiti specifici che sembrano rivestire un certo carattere di stabilità e che pertanto sono stati inseriti nei programmi previsti per il prossimo anno accademico.

Il primo riguarda una conoscenza pratica dell'architettura hardware dei calcolatori e la capacità operativa di intervenire anche manualmente nell'installazione e nella configurazione di apparecchiature di tipo informatico. Le relative attività formative saranno svolte all'interno del modulo di Laboratorio di Misure per la Diagnostica Clinica.

Il secondo ambito riguarda le reti di calcolatori con particolare riferimento all'interazione con gli impianti ospedalieri; le corrispondenti attività formative saranno svolte in un seminario integrato al corso di Impianti Ospedalieri previsto al terzo anno.

Il terzo ambito, nel corso di Elaborazione Numerica dei Segnali Biomedici, ha l'obiettivo di introdurre gli allievi all'ambiente di sviluppo e di simulazione MATLAB che trova larga applicazione anche in molti altri corsi.

6. L'informatica nella Laurea Specialistica

Per quanto riguarda la laurea specialistica in Ingegneria Biomedica si ritiene che le corrispondenti attività formative debbano includere un approfondimento in Informatica Medica. Poiché gli argomenti sono numerosissimi, abbiamo ipotizzato una selezione, senza troppi vincoli a priori, sapendo che si tratta di guardare le effettive richieste del mercato sanitario per formare ingegneri capaci di risolvere situazioni concrete.

L'elaborazione delle immagini, a causa dell'ampio impiego nella diagnostica, è uno dei capisaldi di questa formazione. Lo standard attuale che ha maggiori potenzialità di diffusione universale, il DICOM³, è oggetto principale di studio.

Nell'ambito dell'analisi dei segnali, il riconoscimento delle forme costituisce uno sviluppo di quanto già visto nel corso di Elaborazione Numerica dei Segnali Biomedici.

I sistemi di codifica e classificazione, ancora poco utilizzati in Italia, si collegano al problema generale dell'accesso ai dati e al recente interesse per i metadata, a loro volta in relazione con XML⁴.

Chiudono l'iter formativo una panoramica sulle applicazioni di telemedicina e sulle conseguenti necessità di protezione dei dati.

7. Primi risultati ed esperienze

Per quanto riguarda il primo modulo del I anno, esso è svolto nel primo semestre e prevede circa 30 ore di lezioni ed esercitazioni sui pacchetti applicativi per la produttività individuale. Il programma effettivamente svolto è destinato a cambiare di anno in anno, in relazione al progressivo miglioramento della preparazione previa di tutti gli studenti. Se nel 1993 agli studenti del primo anno di Medicina del Campus Bio-Medico era necessario insegnare persino l'uso del mouse, nell'anno accademico 2000/01 si è potuti partire da una base di conoscenza del sistema operativo Windows e della posta elettronica praticamente generalizzata. Si prevede che il programma di formazione per il 2001/02 sia concentrato sull'uso avanzato dell'elaboratore di testi (creazione di tabelle, indici, impaginazione complessa), sulla conoscenza delle potenzialità del foglio elettronico (creazione di formule e uso di grafici), sui criteri per una buona preparazione di una presentazione elettronica, sull'uso ottimale dei sistemi di ricerca su Internet e infine su un'introduzione teorico-pratica ai database relazionali.

Tutte le attività con la presenza del docente sono svolte in laboratorio. Gli allievi possono poi esercitarsi individualmente per acquisire la padronanza richiesta che è verificata alla fine del semestre mediante un test che richiede lo svolgimento di attività pratiche. Poiché è possibile che uno studente possieda, prima dell'inizio del corso, le competenze richieste, la frequenza alle lezioni ed esercitazioni non è obbligatoria.

Le abilità informatiche così acquisite sono poi utilizzate nel corso del secondo semestre per lo svolgimento di elaborati nell'ambito dei corsi di Fisica, Economia e, soprattutto, del corso di Fondamenti di Informatica.

Quest'ultimo corso prevede circa 70 ore di lezione frontale che includono sia argomenti teorici, che esercitazioni. Dopo le prime lezioni, gli allievi sono suddivisi in gruppi di lavoro di due o tre persone. Durante

lo svolgimento del corso, a intervalli di circa 15 giorni, ai diversi gruppi sono proposti semplici problemi che richiedono l'applicazione pratica delle nozioni illustrate nelle lezioni immediatamente precedenti. Gli elaborati sono sempre orientati ad un obiettivo specifico e la loro soluzione richiede normalmente poche ore di lavoro in gruppo per non interferire con la frequenza ai corsi. Prima della fine delle lezioni, a ciascun gruppo è assegnato un problema più impegnativo che dovrà essere svolto prima di sostenere l'esame orale. Il problema, di limitata difficoltà, deve però prevedere un'applicazione significativa delle metodiche basilari dello sviluppo di programmi (analisi e specifica dei requisiti, codifica, *testing* e *debugging*, redazione della documentazione). La valutazione degli allievi, sempre individuale, tiene conto dei risultati conseguiti nello svolgimento dei problemi assegnati durante il corso e dell'elaborato finale.

Le prime esperienze sugli allievi che hanno già frequentato e superato il corso di Informatica sono state molto positive. In particolare, l'introduzione di semplici elaborati da svolgere durante il corso ha permesso un apprendimento graduale e controllato di tecniche che risultano tradizionalmente ostiche ad un'alta percentuale di allievi nei corsi di primo livello. Anche lo svolgimento degli elaborati finali ha dato risultati positivi, sia sotto il profilo strettamente informatico, sia per la possibilità di collegare, attraverso un'opportuna scelta dei problemi da risolvere, l'impiego dell'informatica agli ambiti applicativi di interesse per l'ingegnere biomedico.

8. Bibliografia e riferimenti

¹ D.M. 4 agosto 2000, Determinazione delle classi delle lauree universitarie, Allegato 10.

² <http://www.ecdl.com/country/italy.html> (verificato il 22 febbraio 2001)

³ <http://medical.nema.org/dicom.html> (verificato il 22 febbraio 2001)

⁴ <http://www.w3.org/XML/> (verificato il 22 febbraio 2001)