

Dott. Pasquale Delogu

ATTIVITÀ SCIENTIFICA:

Ho conseguito la Laurea in Fisica presso l'Università di Pisa discutendo la tesi sperimentale dal titolo: "Uso di reti neurali per diagnosi cliniche automatiche". Il lavoro di tesi ha riguardato l'applicazione di metodi di classificazione basati su reti neurali a due particolari problemi diagnostici: 1) diagnosi automatica di malattia coronarica con mezzi non invasivi in pazienti sintomatici; 2) classificazione automatica di immagini polmonari acquisite con la gamma-camera. Il lavoro da me effettuato ha riguardato, nel primo caso, lo sviluppo di una procedura di classificazione dei dati provenienti dall'anamnesi e dall'analisi lipidica di pazienti sintomatici. Questo ha permesso la costruzione di un sistema di diagnosi automatica ad alte prestazioni (corretta classificazione superiore al 98%) che permette di ridurre il numero di angiografie non necessarie, cioè quelle effettuate su pazienti sani. Questa attività è stata svolta in collaborazione con i medici del Dipartimento Cardio Toracico dell'Università di Pisa. Nel secondo caso ho analizzato immagini polmonari ottenute con una gamma-camera a grande campo. In questo contesto ho sviluppato sia algoritmi ad hoc di manipolazione e analisi dell'immagine sia metodi di classificazione basati su reti neurali. Ho in tal modo costruito un sistema per la diagnosi automatica i cui risultati sono paragonabili a quelli di un medico esperto (corretta classificazione superiore al 90%). E' stato così possibile produrre un parametro automatico ed oggettivo di malattia da integrare con gli altri esami strumentali (spirometria, misura del volume polmonare ecc.) a cui vengono sottoposti pazienti di questo tipo. Questa attività è stata svolta in collaborazione con i medici dell'Istituto di Fisiologia Clinica del CNR di Pisa. Dopo la laurea ho continuato il lavoro di ricerca nel gruppo di Fisica Medica dell'Università di Pisa diretto dal Prof. A. Stefanini. Ho partecipato allo sviluppo di software (nei progetti CALMA, GPCALMA, FLUXEN, MAGIC-5, finanziati dall'INFN, MAMMOGRID, finanziato dalla Comunità Europea nell'ambito del V programma quadro, SOFTHEART) e di hardware (nei progetti FLUXEN, MED-46 e XPRESS, finanziati dall'INFN) innovativi nel campo della Fisica Medica.

Progetto CALMA.

A partire dal novembre del 1996 ho iniziato ad occuparmi dello sviluppo di algoritmi per l'analisi automatica di immagini mammografiche. Lo scopo del lavoro era lo sviluppo di un sistema per la detection e la classificazione automatica di zone "sospette" (cioè possibili indicatori di tumori) all'interno dell'immagine e di costruire l'archivio di immagini digitali necessarie per lo sviluppo e i test degli algoritmi. Nello stesso periodo mi sono occupato dello studio di problemi di parallelizzazione degli algoritmi di elaborazione delle immagini e delle reti neurali. Durante il 1998 buona parte della mia attività di ricerca si è svolta nell'ambito del progetto CALMA (Computer Assisted Library for MAMmography). Ho partecipato attivamente a tutte le attività riguardanti il progetto: - contatti con i senologi; - definizione del protocollo di acquisizione, descrizione ed archiviazione delle immagini; - definizione delle strategie e sviluppo dei primi algoritmi per l'elaborazione dell'immagine e la ricerca automatica delle

microcalcificazioni e delle lesioni stellate (i due più evidenti indicatori di possibile presenza di tumore). Tali attività hanno costituito l'argomento della mia Tesi di Specializzazione in Fisica Sanitaria. Nel triennio 1999-2001 ho continuato la mia attività nel progetto CALMA, in particolare ho collaborato a: - costruzione dell'archivio di mammografie digitalizzate (che già a fine 1999, contando oltre 1000 immagini, risultava essere il più grande in Europa); - realizzazione di algoritmi per la ricerca automatica di microcalcificazioni; - realizzazione di algoritmi per la ricerca automatica di lesioni stellate; - realizzazione di algoritmi per la classificazione automatica del tessuto parenchimatico. Ho collaborato inoltre alla costruzione di una stazione basata su PC che consente, attraverso un'interfaccia grafica direttamente sviluppata nell'ambito della collaborazione, l'acquisizione, la descrizione, l'archiviazione e la classificazione automatica delle immagini. Quattro di tali stazioni sono state sottoposte a test clinico presso gli Istituti di Radiologia delle Università di Napoli, Palermo, Sassari ed Udine. In quelle sedi sono state valutate le prestazioni del CAD in condizioni di utilizzo clinico come secondo lettore (test di lettura radiologo+CAD). E' stato condotto anche un test di confronto fra il CAD sviluppato dalla collaborazione CALMA e il sistema commerciale CADx prodotto da SecondLook.

Progetto SOFTHEART.

Nel 1998 ho collaborato allo sviluppo di un modello cardiaco che simula un intervento di restyling ventricolare. Il programma "SoftHeart-Select", che realizza il modello suddetto, è stato brevettato dal Dipartimento di Fisica dell'Università di Pisa (brevetto n. 001045 del 26/10/1998).

Progetti GP-CALMA e MAMMOGRID.

Nel periodo 2001-2003 ho partecipato al progetto INFN denominato GP-CALMA (Grid Platform CALMA) con lo scopo di esportare gli algoritmi sviluppati nell'ambito della collaborazione CALMA su una infrastruttura GRID. Dal 2002 partecipo anche al progetto denominato MAMMOGRID, che coinvolge istituzioni accademiche e industrie di vari pesi europei e ha lo scopo di costruire su una infrastruttura GRID un database condiviso di immagini mammografiche e sviluppare strumenti avanzati per la visualizzazione, la didattica radiologica, lo studio epidemiologico e il CAD. Nell'ambito dei progetti GP-CALMA e MAMMOGRID, mi sono occupato dell'archivio (oltre 4500 immagini), dell'affinamento degli algoritmi sviluppati nel progetto CALMA e del confronto del nostro sistema con sistemi commerciali. In particolare ho contribuito alla definizione e allo sviluppo di una nuova strategia per la rivelazione automatica di microcalcificazioni, basata sull'analisi in frequenza delle immagini con trasformate wavelet e sull'uso di reti neurali autoassociative, che permettono migliori prestazioni su immagini eterogenee per quel che riguarda il sistema di acquisizione e le caratteristiche morfologiche.

Il progetto GP-CALMA ha conseguito con successo l'obiettivo di analizzare in remoto le mammografie, attraverso la GRID, senza trasferimento effettivo delle immagini stesse.

Progetto MAGIC-5.

Dal 2004 partecipo al progetto INFN denominato MAGIC-5 (Medical Applications in a Grid Infrastructure Connection), che ha lo scopo di affinare le tecniche di distribuzione di calcolo e di dati, sviluppate nell'ambito del progetto GP-CALMA, e di sviluppare un sistema CAD per la detection di noduli su immagini CT polmonari ad alta risoluzione e bassa dose operante sull'infrastruttura GRID. Le immagini CT provengono dal lavoro clinico della Divisione della Radiologia Diagnostica ed Interventistica del Dipartimento di Oncologia, Trapianti e Nuove Tecnologie in Medicina dell'Università di Pisa e da uno studio italiano multicentrico (regioni Toscana ed Emilia Romagna) randomizzato e controllato, istituito per la verificare l'efficacia dello screening su soggetti a rischio, mediante CT a bassa dose, nella rivelazione precoce dei tumori polmonari. Nell'ambito di MAGIC-5 ho contribuito sviluppo di un algoritmo per la selezione dei candidati-noduli basato sull'analisi degli autovalori della matrice hessiana che permette di selezionare, nel volume polmonare, regioni di interesse. Ho contribuito inoltre alla definizione di una strategia e allo sviluppo dei necessari algoritmi per la classificazione delle regioni di interesse e la riduzione del numero di falsi positivi. Recentemente alle unità partecipanti al progetto MAGIC-5 è stato approvato dal MIUR un progetto PRIN dal titolo "Studio e Sviluppo di sistemi fisico-computazionali per l'analisi distribuita di immagini biomediche" che ha lo scopo di proseguire il lavoro iniziato con MAGIC-5. In ambito PRIN sono il responsabile scientifico dell'unità di ricerca di Pisa.

Progetti FLUXEN e XPRESS.

Nel periodo 1999-2003 ho contribuito allo sviluppo di una procedura semi-automatica per la misura delle proprietà di imaging dei sistemi radiografici digitali. Partendo dall'acquisizione di immagini di un opportuno fantoccio e da misure di esposizione, è stato possibile costruire algoritmi che calcolano automaticamente le proprietà di MTF (Modulation Transfer Function) e di DQE (Detective Quantum Efficiency). Il sistema in questione tiene conto degli errori introdotti dai processi di sampling e digitalizzazione. L'applicazione della procedura ha permesso un confronto diretto e oggettivo fra vari sistemi di imaging radiografico. Al fine di avere, nel caso dei fotoni provenienti da tubi a raggi X (di energia media da 20 a 80 keV), un sistema in grado di fornire misure assolute da integrare nella procedura di valutazione delle proprietà di imaging dei sistemi per la radiologia, a partire dall'anno 2000 ho iniziato ad occuparmi, nell'ambito del progetto FLUXEN (FLUX and ENergy detector), dello sviluppo di un metodo per la misura del flusso di fotoni ed energia degli stessi (spettro) prodotti da dispositivi diagnostici. Mi sono occupato in particolare dello studio dei rivelatori (che devono avere alta efficienza) e dell'elettronica (che deve essere veloce dati gli alti flussi prodotti dai dispositivi in questione). Il progetto FLUXEN ha prodotto un sistema, basato su un rivelatore in CZT, una elettronica commerciale e un software di analisi dei dati sviluppato nell'ambito della collaborazione, che permette misure accurate di spettro ed esposizione di fasci da tubi mammografici. I limiti dovuti alla limitata portabilità del sistema hanno indotto i partecipanti alla collaborazione a

studiare un sistema di misura alternativo che permetta la costruzione di un dispositivo portatile. Nell'ambito di questo nuovo esperimento, denominato XPRESS (X-ray Photon Rate and Energy Spectrum Study), finanziato dall'INFN per l'anno 2005, è stato progettato un nuovo sistema basato su un rivelatore a stato solido dotato di un contatto di piccole dimensioni che permette di sfruttare lo "small pixel effect" per ridurre i problemi di divisione di carica ed eliminare la necessità di collimazione. Durante il 2005 sono stato rappresentante locale del progetto XPRESS e mi sono occupato delle misure preliminari su rivelatori monopixel con guardring e multipixel. Inoltre ho partecipato attivamente alla progettazione del nuovo sistema che è attualmente in fase di costruzione.

Progetto MED-46.

Nel periodo 1996-2004 ho partecipato attivamente alle attività di ricerca riguardanti lo sviluppo di sistemi innovativi per la radiologia digitale. Il progetto prevede l'uso di rivelatori in Si e GaAs accoppiati all'elettronica integrata mediante bump-bonding. L'elettronica, progettata in collaborazione con il CERN, è costituita da una matrice di 64x64 canali ognuno dei quali opera come single-photon-counter, e da un sistema di read-out che permette l'impostazione dei parametri e l'acquisizione delle immagini. Questa attività ha permesso la costruzione di un sistema innovativo per la mammografia digitale (con pixel di dimensione 170 μ m X 170 μ m) dalle prestazioni nettamente superiori a quelle dei sistemi commerciali, che è stato oggetto di un progetto di trasferimento tecnologico alle industrie nazionali finanziato dal MURST (ex legge 46 articolo 10). Questo sistema si è evoluto con la realizzazione di una elettronica composta da 256x256 canali operanti in modalità single-photon-counter a doppia soglia e con passo di campionamento 50 μ m. Nell'ambito di questo lavoro ho contribuito allo studio, sviluppo e test di nuovi rivelatori ad alta efficienza nel range di energie della radiologia (20-60 keV), allo sviluppo del sistema integrato (in particolare alla parte di controllo) e ai test fra i quali alcuni riguardanti possibili ulteriori applicazioni in campo biomedico del sistema suddetto (alla radiologia e alla medicina nucleare).

Attività scientifica attuale :

Nell'ambito del progetto MAGIC-5 e del progetto PRIN mi occupo attualmente della raccolta dei dati e dello studio, sviluppo e ottimizzazione di algoritmi di pulizia dell'immagine (riconoscimento di strutture fisiologiche come i vasi, i bronchi, il volume polmonare ecc.) e di riconoscimento di strutture patologiche (noduli di diversa natura e forma). Il mio lavoro riguarda in modo specifico l'ottimizzazione dell'algoritmo per la rivelazione dei candidati noduli e lo sviluppo di nuovi metodi, per la classificazione e la riduzione dei falsi positivi, basati sull'utilizzo delle reti neurali. Sono inoltre responsabile della diffusione delle stazioni di CAD mammografico presso gli ospedali collaboranti di Bari, Sassari e Torino curandone l'inserimento nello specifico ambito clinico, ad esempio come stazione per didattica avanzata (Ospedale di Bari) oppure pre-lettore in procedure di screening mammografico (Ospedale di Torino). In questi specifici compiti ho sviluppato l'abilità di interagire con ambienti diversi da quelli della fisica e la capacità di trasferire presso di essi i risultati del lavoro di ricerca, contribuendo in tal modo ai

buoni risultati ottenuti dalle collaborazioni alle quali partecipo. Nell'ambito del progetto MED-46 mi occupo della caratterizzazione del prototipo e del confronto, dal punto di vista delle proprietà di imaging, dello stesso con i sistemi digitali commerciali.