



Consiglio Nazionale delle Ricerche

**ISTITUTO DI ELABORAZIONE
DELLA INFORMAZIONE**

PISA

**IL SISTEMA SOFTWARE IP-TEL PER IL TRATTAMENTO
DI IMMAGINI TELERILEVATE
PROGETTO PILOTA DI TELERILEVAMENTO**

L. Azzarelli, S. Cesaro, O. Salvetti

Nota interna B4-36
Marzo 1986

Il sistema software IP-TEL per il trattamento di immagini telerilevate

L. Azzarelli, S. Cesaro, O. Salvetti

Premessa

Nell'ambito del Progetto Pilota Telerilevamento, per il triennio 1985-1987, e' prevista un'attivita' di studio e sperimentazione relativa alla definizione di un sistema esperto per l'interpretazione e classificazione di immagini telerilevate.

Il gruppo di lavoro e' costituito dall'IEI-CNR di Pisa, dallo IATA di Firenze e dall'IESI di Bari, con i seguenti compiti:

IEI-CNR: studio e definizione delle architetture hardware e software;

IATA-CNR: supporto scientifico per la definizione delle basi di conoscenza del sistema;

IESI-CNR: definizione e sviluppo di algoritmi per la classificazione delle immagini.

Nell'ambito di questa attivita', e relativamente al 1985, l'IEI ha definito e realizzato un prototipo sperimentale, chiamato IP-TEL, sul quale si svilupperanno procedure esperte.

IP-TEL e' una struttura software dedicata all'acquisizione, preelaborazione, analisi, classificazione, controllo, simulazione e restituzione di dati e immagini da telerilevamento ricavate da foto o nastro CCT.

Nel definire l'architettura e le funzioni di IP-TEL e' stato tenuto conto:

- dello stato dell'arte nel settore dell'elaborazione di immagini;
- degli aspetti generali che il trattamento di immagini richiede;

- degli aspetti particolari circa le problematiche e le metodologie inerenti il trattamento di dati territoriali e telerilevati;
- della necessita` di caratterizzare il prodotto anche come sistema di sviluppo di software applicativo.

Il nucleo primario deriva dal sistema GEPITERR^R, progettato e sviluppato dall'IEI nell'ambito del P.F.I. "Obiettivo Territorio", e depositato presso l'Ufficio Brevetti e Innovazioni del CNR, e da estensioni successive operate in altri settori.

Tale nucleo di base e` stato implementato in Fortran sia su sistemi GOULD sia su sistemi HP.

IP-TEL prevede una estensione del nucleo in ambiente UNIX, sviluppato in linguaggio C, e l'ampliamento verso un sistema esperto, in grado di operare per la classificazione automatica di informazioni territoriali.

1. INTRODUZIONE

IP-TEL e` un sistema software che controlla e gestisce tutti i dati e le informazioni ricavati mediante particolari dispositivi (microfotometri automatici; termocamere) e nastri CCT. Le funzioni tipiche che sono svolte nell'intera struttura si possono raggruppare in tre categorie principali:

- 1) funzioni di elaborazione e trasformazione su rilevanti quantita` di dati strutturati e multi-dimensionali (tipicamente bidimensionali);
- 2) funzioni di analisi, sintesi, compressione e riduzione, riconoscimento ed estrazione di immagini complesse o partizionate;
- 3) funzioni di gestione e controllo di periferiche dedicate non standard (stazioni di acquisizione in linea, stazioni di visualizzazione e trattamento locale di immagini).

Nel progettare IP-TEL si e` tenuto conto delle caratteristiche generali che intervengono nello sviluppo di un complesso sistema software come quello orientato alle applicazioni specifiche del telerilevamento. In particolare, il software e` stato sviluppato in modo da consentire una operativita` del sistema globale che soddisfi le seguenti richieste:

- 1) la possibilita` di sviluppare e aggiornare i diversi moduli e/o procedure sia a livello progettuale che a livello di modifica locale ed ottimizzazione, senza la necessita` di dover operare pesanti riconfigurazioni dell'intero sistema software;
- 2) la possibilita` di usare procedure batch;

- 3) la possibilita` di usare procedure interattive, definite come concatenazione opportuna di moduli specifici ed autonomi;
- 4) la possibilita` di implementare metodi euristici che caratterizzino il progetto di algoritmi specifici delle applicazioni;
- 5) la semplicita` di aggiornamento e manutenzione dei programmi e delle librerie applicative;
- 6) la relativa semplicita` di adattamento dei moduli elaborativi e delle procedure applicative a vari sistemi di calcolo: a tal fine risulta importante una implementazione in linguaggi ad alto livello, escludendo naturalmente le componenti software progettate e realizzate specificamente per la gestione di periferiche speciali (drivers, handlers);
- 7) la possibilita` di definire due ambienti nettamente separati di comunicazione col sistema, ma necessariamente coesistenti:
 - un ambiente operativo utilizzabile dal progettista;
 - un ambiente operativo utilizzabile dall'utente.

Nel primo devono convergere tutti gli strumenti piu` adeguati al controllo e allo sviluppo del software, mentre nel secondo ambiente diventano essenziali alcune prestazioni come l'efficienza, l'applicabilita`, la flessibilita` e la semplicita` d'uso.

Molto importante e` anche la possibilita` di svincolare l'utente da conoscenze specifiche del sistema, sia di tipo hardware che software, in modo da far convergere la sua attenzione esclusivamente sul problema particolare da risolvere.

E' quindi fondamentale che il progetto individui una struttura altamente modulare, in conseguenza anche della generale complessita' computazionale e operativa delle diverse funzioni da eseguire. Le componenti fondamentali che si individuano in un sistema per il trattamento delle immagini, come IP-TEL, si raggruppano in due categorie relative ad altrettanti ambienti individuabili nella struttura: la categoria delle componenti orientate verso il sistema globale e la categoria delle componenti orientate verso i problemi specifici da risolvere.

Nella prima categoria, le principali componenti orientate al sistema si possono individuare in:

- semplicita': il colloquio utente-sistema deve essere facile da imparare; il dialogo deve essere altamente standardizzato; devono essere presenti termini auto-esplicanti ed eventuali suggerimenti e indicazioni di risposta,
- interattivita': deve essere consentita un'interazione utente-sistema sia mediante opportuni comandi, direttamente inseriti nell'ambiente di dialogo, sia fornendo un adeguato supporto per lo sviluppo di programmi applicativi particolari;
- modularita': il sistema deve consentire specifiche librerie di sottoprogrammi che possano essere richiamabili semplicemente;
- efficienza: l'utente ottiene reazioni rapide dal sistema; le operazioni sono eseguite alla massima velocita' consentita dal sistema di calcolo utilizzato;
- flessibilita': il sistema modulare consente la progettazione e l'implementazione di procedure applicative arbitrarie;

- affidabilità: l'ambiente di lavoro risulta libero da errori; "esternamente", il sistema di calcolo non presenta inconvenienti, "internamente", il software è completamente verificato ed i parametri eventuali forniti come ingresso dall'utente sono analizzati e opportunamente controllati al fine di evitare errori anche casuali;
- variabilità: l' "Amministratore di IP-TEL", cioè la persona responsabile del corretto funzionamento ed aggiornamento di tutto il software nel sistema, deve avere la possibilità di operare in modo semplice ed opportuno per apportare le modifiche che si renderanno necessarie.

Nella categoria delle componenti orientate al problema, invece, si possono individuare:

- servizio: sono inseriti in questa classe di funzioni tutti gli strumenti software di utilità generale, come moduli per la gestione della memoria di massa, help-files, comandi per l'I/O;
- rappresentazione: in un sistema orientato al trattamento delle immagini devono essere utilizzabili dispositivi per la rappresentazione di immagini e grafici, come video-grafici-pittorici, sia passivi che intelligenti;
- operatori aritmetici: in questa classe sono inseriti quei moduli elaborativi che consentono di eseguire operazioni su punti, vettori, matrici e variabili di diverso tipo;
- preelaborazione: questa classe di funzioni comprende tutte le operazioni "preliminari" sulle immagini, quali ad esempio elaborazioni di "enhancement" e "restoration";

- operatori geometrici: rotazioni, cambiamenti di scala, proiezioni, registrazioni e mosaicatura sono esempi di funzioni tipiche di questa classe;
- analisi: caratterizzano questa classe di funzioni le elaborazioni di tipo statistico, la manipolazione di parametri derivanti dall'analisi di Fourier o da altre trasformazioni, misure numeriche e geometriche sui dati;
- interpretazione: in questa classe sono inseriti i moduli e le procedure che dalle immagini digitali operano selezioni di caratteristiche, valutazioni di risultati estratti e classificazioni di modelli con o senza supervisione.

In particolare diventa essenziale, riguardo all'ultimo punto descritto sopra e all'orientamento specifico del sistema, l'inserimento in IP-TEL di procedure applicative e di strumenti di sviluppo che consentano di operare per l'ispezione dei dati, anche in simulazione.

L'implementazione di software nella classificazione e riconoscimento di strutture si orienta generalmente al riconoscimento di modelli o configurazioni geometriche di varia natura e forma.

Fondamentalmente, i vari metodi possono essere raggruppati in tre principali categorie di approcci:

- 1) il confronto e la valutazione per modelli;
- 2) la decisione di appartenenza di un oggetto ad una certa classe mediante valutazioni di caratteristiche estratte;

3) l'analisi sintattica o la valutazione strutturale di modelli rappresentati astrattamente come stringhe, alberi o grafi di primitive.

Il progetto del sistema IP-TEL definisce un sistema software interattivo per l'elaborazione delle immagini che si puo` individuare come di tipo "ibrido", in relazione ai diversi sistemi finora realizzati. Tipicamente, infatti, e` possibile distinguere:

- sistemi dicotomici, nei quali e` possibile ad ogni stadio d'interazione solo una scelta tra due possibilita`;
- sistemi a menu`, nei quali la scelta e` selezionabile da una lista di possibilita`;
- sistemi a comandi, dove e` eseguita un'analisi sintattica e una interpretazione di stringhe di comando;
- sistemi a sequenze di comandi, nei quali possono essere inseriti piu` comandi contemporaneamente;
- sistemi a controllo, sui quali sono gestite sequenze di comandi con possibilita` di etichette, salti, cicli o procedure interne;
- sistemi interprete, nei quali sono gestite istruzioni indipendenti, singoli comandi o programmi interpretati;
- sistemi compilati, nei quali i programmi di comandi sono sotto la supervisione di un programma-compilatore.

Sulla base delle categorie di sistemi sopra individuate, IP-TEL e` classificabile come un sistema interattivo "ibrido" in quanto consente un'operativita` multipla; infatti e` possibile interagire con il sistema mediante gestione "question-answering", a menu`, a comandi, o in modo procedurale e parzialmente interpretato; IP-TEL e` inoltre progettato

per l'inserimento di basi di conoscenza e strutture interne di controllo del flusso operativo.

2. CARATTERISTICHE GENERALI DI IP-TEL

Il sistema IP-TEL controlla un ambiente operativo multi-utente orientato all'acquisizione ed elaborazione di immagini telerilevate. In particolare, il sistema consente l'elaborazione dei dati per lo sviluppo di procedure finalizzate alla classificazione e riconoscimento di strutture complesse.

IP-TEL e' strutturato in modo altamente modulare e consente un'operativita' semplice e flessibile, svincolando altresì l'utente dal possedere particolari conoscenze informatiche sia di tipo hardware che software.

IP-TEL e' stato progettato ed e' implementato sulla famiglia dei sistemi di calcolo a 32 bit GOULD-SEL della serie CONCEPT, controllati dal sistema operativo MPX-32 che consente un'esecuzione concorrente di piu' task con gestione della memoria "reale", al fine di ottenere la massima velocita' di esecuzione dei programmi. Ad esclusione dei componenti software implementati direttamente in linguaggio macchina per gestire periferiche non standard, tutti i moduli e le procedure di IP-TEL sono stati realizzati nel linguaggio ad alto livello FORTRAN 77-plus; in tal modo si e' reso piu' semplice definire ed ottenere un ambiente dalle caratteristiche notevolmente standardizzate per l'elaborazione di immagini in ambiente industriale, eventualmente trasportabile con relativa semplicita'.

Allo stato attuale e' anche in funzione un prototipo ottenuto per trasferimento in ambiente UNIX e scritto in linguaggio C (GOULD 32/67).

Gli archivi di immagini e dati sono gestiti utilizzando memorie di massa di tipo convenzionale, cioe' supporti magnetici come nastri e dischi in linea; tuttavia e' pensabile di interfacciare al sistema anche altri dispositivi dedicati, ad alta capacita' di memorizzazione, come i dischi ottici. All'interno del sistema, infatti, questa riconfigurazione comporta solamente la realizzazione di due librerie di moduli specifici: una libreria a piu' basso livello per la gestione dell'I/O sul dispositivo e una libreria a livello superiore per interfacciare i moduli elaborativi e le procedure applicative secondo i diversi formati di dati gestiti.

Le periferiche speciali attualmente utilizzate sono costituite da un sistema di digitalizzazione ad TVC dotato di controllore programmabile in diretta comunicazione con il calcolatore centrale, e da una stazione intelligente video-grafico-pittorica (SVP) per la rappresentazione e manipolazione di elementi grafici e pittorici. E' stata anche prevista la possibilita' di collegare al sistema una famiglia di microfotometri (MFA) per la digitalizzazione di immagini da lastre di tipo fotografico.

Lo schema generale hardware dell'intera struttura integrata e controllata da IP-TEL e' rappresentata in fig.1.

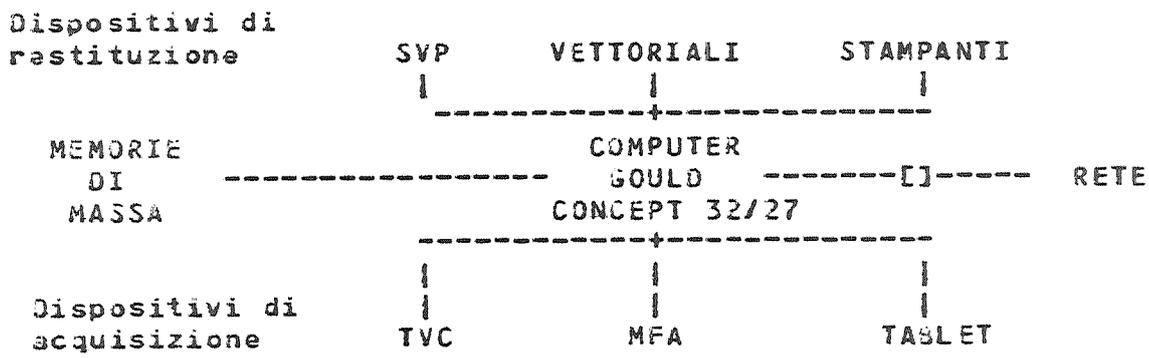


Fig.1

Le caratteristiche di progetto di IP-TEL consentono di installare il sistema secondo differenti configurazioni, eliminando eventualmente alcune delle sue funzioni in dipendenza della struttura hardware specifica.

L'utente interagisce con il sistema globale secondo lo schema mostrato in fig.2, nel quale sono evidenziati il flusso operativo e le interconnessioni possibili tra i vari componenti interessati.

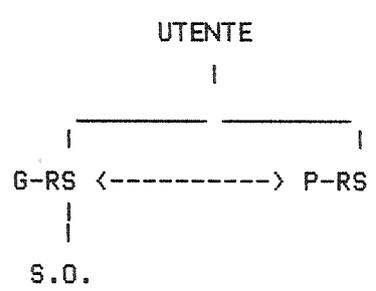


Fig.2

Gli ambienti operativi definiti in IP-TEL sono fondamentalmente due, completamente autonomi, ma interconnessi: un gestore "esecutivo" di programmi, chiamato G-RS; una banca dati di programmi, moduli e procedure, per l'implementazione delle varie fasi e operazioni previste nel sistema, chiamata P-RS. Mediante l'interfacciamento del gestore G-RS, l'utente puo` comunicare sia direttamente con il sistema operativo sia con l'ambiente esecutivo P-RS.

Nella fig.3 e` schematizzata l'architettura complessiva del sistema IP-TEL.

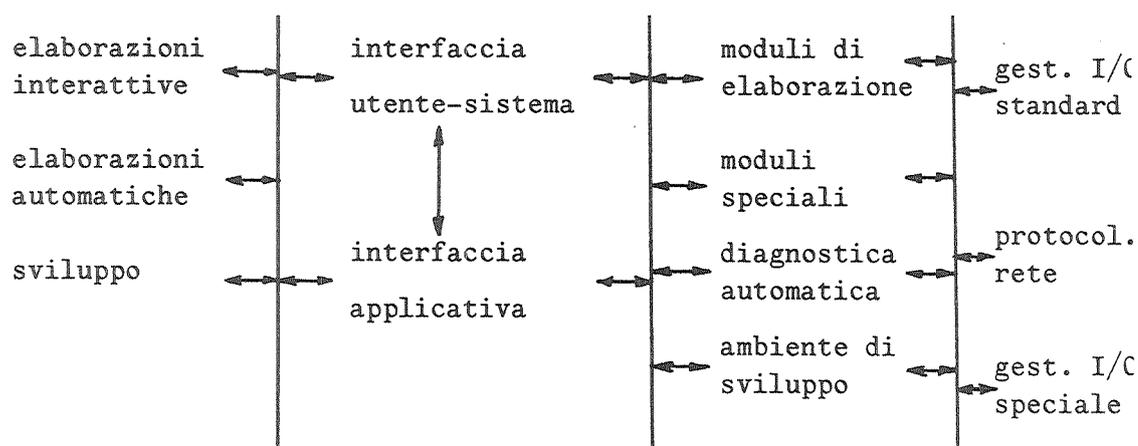


Fig.3

Il pacchetto P-RS e` organizzato in insiemi omogenei di moduli e procedure; ogni insieme fondamentale, a sua volta, e` costituito da insiemi primari ottenuti dalla classificazione di tutti i diversi tipi di funzioni utilizzabili nel sistema:

- moduli di elaborazione

- moduli speciali
- ricerca automatica
- ambiente di sviluppo.

Nel sistema e' prevista anche la figura di un "Amministratore di IP-TEL" con il compito di controllare l'accesso dei vari utenti e le loro modalita` di lavoro, e di supervisionare i componenti dell'intera struttura, apportando di volta in volta le opportune modifiche di aggiornamento. L'accesso a IP-TEL e' quindi differenziato a seconda che inizi una sessione di lavoro l'Amministratore o un utente: opportuni meccanismi di protezione controllano le operazioni.

Il trattamento dei dati e' controllato in modo da ottenere operazioni di I/O standard: opportune librerie in linguaggio ad alto livello sono predisposte allo scopo.

Un ambiente standard e' anche definito per la gestione degli archivi sulle memorie di massa: diverse specifiche caratterizzano, infatti, i possibili formati dei dati elaborati nel sistema.

La modularita` e flessibilita` di progetto e di implementazione di IP-TEL consentono di interfacciare al sistema diversi tipi di dispositivi speciali per acquisire immagini in linea; l'implementazione di opportuni protocolli di comunicazione predispone anche IP-TEL ad essere interconnesso via rete con altri centri di elaborazione.

Internamente al sistema di calcolo, che prevede una gestione multi-utente in diversi ambienti di lavoro, IP-TEL puo` essere utilizzato come un ambiente multi-utente specializzato e coesistere nel sistema con le altre applicazioni.

Strutturalmente IP-TEL e' organizzato in due sezioni operative, distinguendo le varie funzioni a seconda della loro interazione con l'hardware del sistema (fig.4): l'organizzazione del sistema e' tale che le funzioni "hardware-dependent" (F_{HD}) sono separate dalle funzioni "hardware-independent" (F_{HI}).

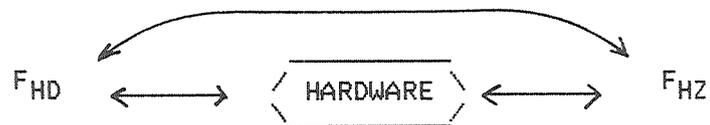


Fig.4

La sezione delle funzioni strettamente dipendenti dall'hardware costituisce l'interfaccia a piu' basso livello tra un programma applicativo e le periferiche utilizzate; l'altra sezione, invece, e' costituita dal pacchetto software P-RS, dal gestore di programmi G-RS, e da moduli che interfacciano a piu' alto livello un programma applicativo con il sistema (fig.5).

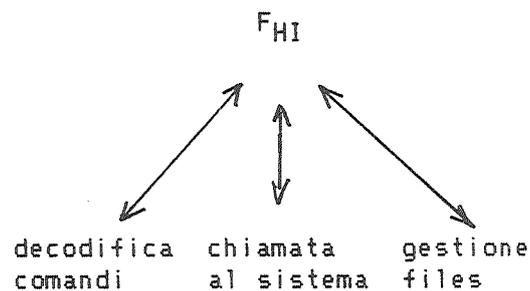


Fig.5

L'utente ed il sistema, invece, comunicano in modo gerarchico distribuito su due livelli (fig.6):

- a) livello di decodifica dei comandi, a sua volta organizzato come gerarchia di tabelle di codici di selezione (fig.7);
- b) livello di applicazione, gestito direttamente dai moduli e dalle procedure attive, secondo opportuni standard.

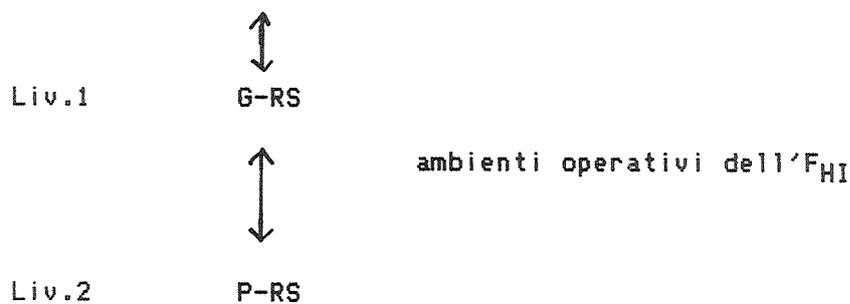


Fig.6

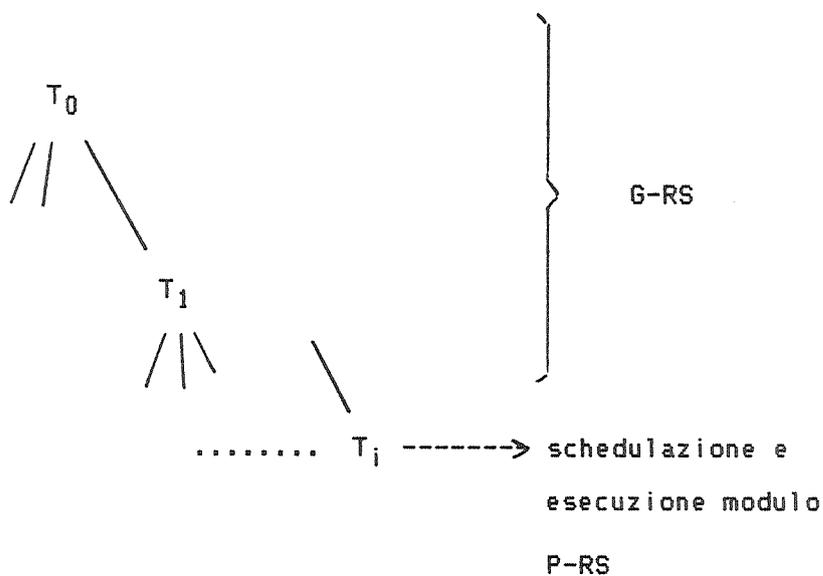


Fig.7: concatenazione operativa di selezione per una esecuzione (albero delle gerarchie)

3. CARATTERISTICHE GENERALI DEL SISTEMA DI CALCOLO

L'elaboratore sul quale e' implementato IP-TEL e' un mini-computer a 32 bit GOULD SEL CONCEPT 32/27.

L'architettura hardware generale del sistema di calcolo e' schematizzata in fig.8.

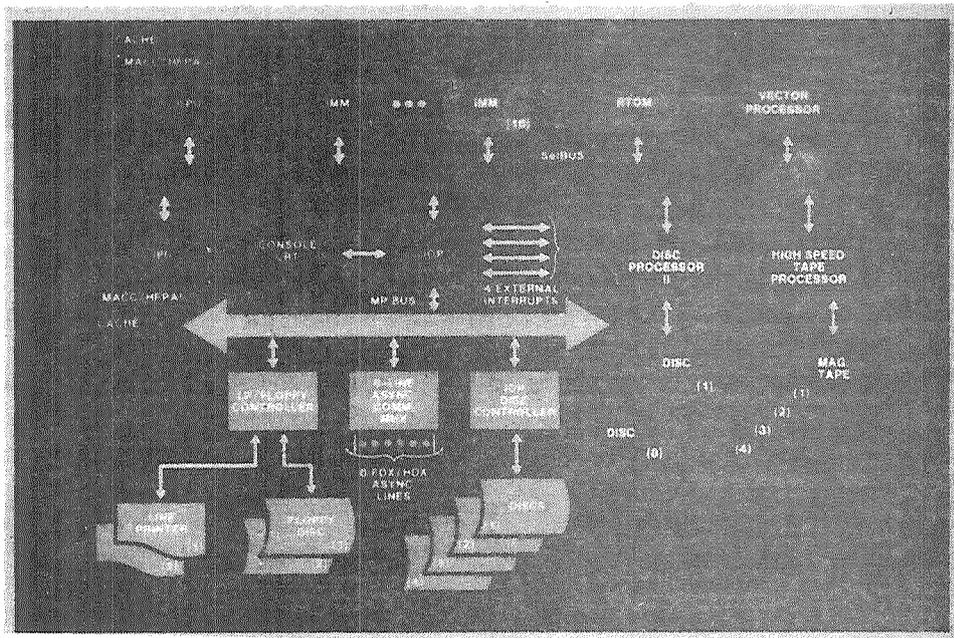


Fig.8

Si noti la caratteristica molto importante relativa alla possibilita' di poter eseguire in parallelo elaborazioni in memoria centrale e operazioni di I/O in modo completamente asincrono e indipendente con conseguente aumento complessivo della performance del sistema.

Il sistema operativo che controlla il flusso di esecuzione, e sotto il quale e' operante IP-TEL, e' l'MPX-32. Tale sistema fornisce utilita'

di file-system, I/O di base, gestione della memoria e ambiente multi-utente. L'MPX-32 ("Mapped Programming Executive") e' un sistema operativo multi-programmato che consente l'esecuzione concorrente di piu' task in ambiente real-time, batch o interattivo. I task sono eseguiti in uno spazio di memoria unico, possono essere attivati o risvegliati mediante varie possibilita' di schedulazione, possono essere contemporaneamente attivi in piu' copie e possono comunicare tra loro.

Il nome dato al sistema operativo deriva dal modo in cui e' gestita la memoria; infatti la memoria e' divisa in "Map Block" di 2K words ciascuno (1 word = 4 bytes) e un programma, per essere eseguito, deve avere allocati tutti e soli i "Map Block" che gli sono necessari, anche non in maniera contigua. Tutto il programma, quindi, risiede necessariamente in memoria centrale durante la sua esecuzione (a meno che non ci siano strutture "overlay"), e un "Map Register" tiene conto dei "Map Block" utilizzati dal programma stesso.

Uno schema dell'MPX-32 e' riportato in fig.9.

NUCLEO DEL SISTEMA
[Moduli residenti, CPU, swaps scheduler, allocatore delle risorse, file system executive]

COMANDI DI SISTEMA	LINGUAGGI	UTILITA' PER IL SYSTEM MANAG.	UTILITA' DI SVILUPPO	UTILITA' DI SERVIZIO	UTENTE
-Terminal service manager		-Generatore di sistema	-Debug -Editor	-Media -Update	-Moduli -Procedure
-Operator communications	-FORTRAN77+	-File/volume manager	-Gestione librerie -Catalogatore		[interat., batch, real/time]

Fig.9

L'MPX-32 usa priorit  hardware-software per schedulare ed eseguire i task; le priorit  software sono distribuite su 64 livelli e sono gestite da alcuni moduli del nucleo (Allocatore di risorse per periferiche e memoria, Supervisore di I/O per la gestione delle code delle richieste di I/O).

La gestione del disco consente il trattamento di files permanenti e temporanei. I files permanenti possono essere di sistema o di utente e nel direttorio vengono registrate informazioni come il nome del file, l'indirizzo del device, l'ampiezza, il tipo e gli accessi consentiti. I files temporanei, invece, sono come i precedenti, solo che le loro

definizioni sono eliminate automaticamente dal sistema al completamento dei tasks che ne fanno uso.

Ogni file e' individuato da un "pathname" e puo` essere utilizzato da un numero qualunque di tasks abilitati, sia in ingresso che in uscita; i metodi di accesso consentiti sono di tipo "sequential" e "random". Il sistema prevede anche l'utilita` di batch-processing che consiste nello spooling su disco dei batch-jobs, nell'interpretazione dei comandi di controllo e nella spedizione di uscite, in varie forme, ai files o alle periferiche. Jobs multipli sono elaborati in modo concorrente.

La gestione del sistema e' articolata nella definizione di "owner" di risorse. L'owner accede alle sue risorse (o le crea) mediante una password predefinita che lo abilita ad iniziare la sessione di lavoro; esso e' inserito in un "project" e puo` vedere le risorse di altri progetti se gli accessi sono consentiti. Ogni progetto e' caratterizzato da un gruppo di utenti che, per motivi di interessi comuni di lavoro, sono abilitati ad usufruire di certe risorse (fig.10).

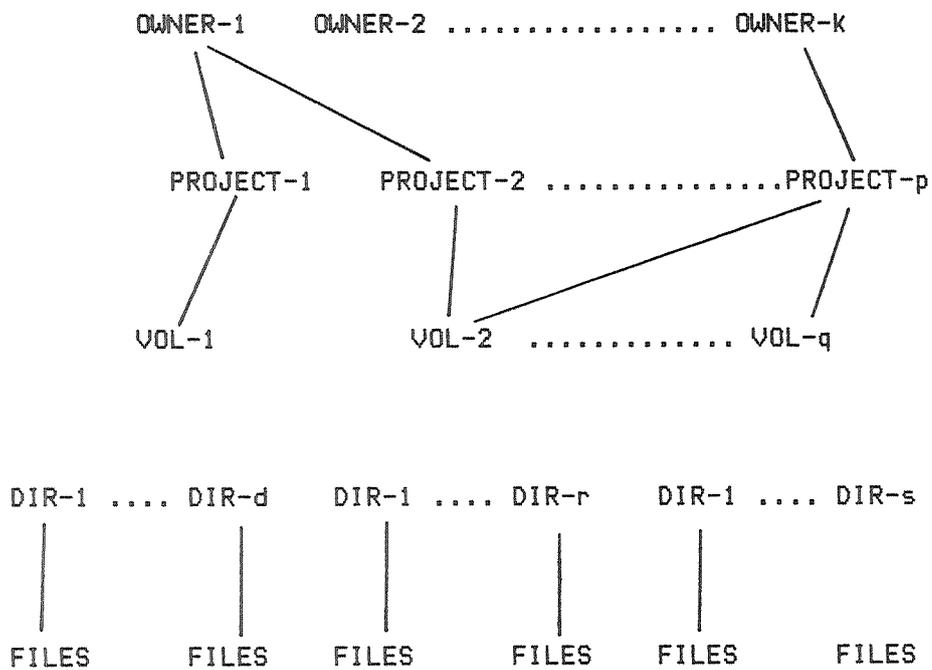


Fig.10

Il sistema IP-TEL ha un nucleo che comunica direttamente con il sistema operativo per la schedulazione attiva dei tasks in ambiente multi-utente: la struttura del nucleo e' tale che ogni sistema operativo, dotato delle specifiche di base sopra citate, puo' supportare IP-TEL.

4. ASPETTI DI GESTIONE INTERNI A IP-TEL

IP-TEL comprende alcune sezioni che corrispondono operativamente ad aspetti di gestione interna nel sistema. Tali aspetti si possono individuare principalmente in: gestione dei dati, gestione degli

archivi, gestione delle operazioni di ingresso/uscita, gestione della memoria principale e trattamento degli errori.

4.1 Gestione dei dati

Un pacchetto omogeneo di moduli specializzati, raggruppati in un unico ambiente standard, ha il compito di controllare la gestione dei dati: il tutto e' guidato da un Supervisore del Data Base, strutturato in tre interfacce che interagiscono col sistema secondo le diverse applicazioni (fig.11).

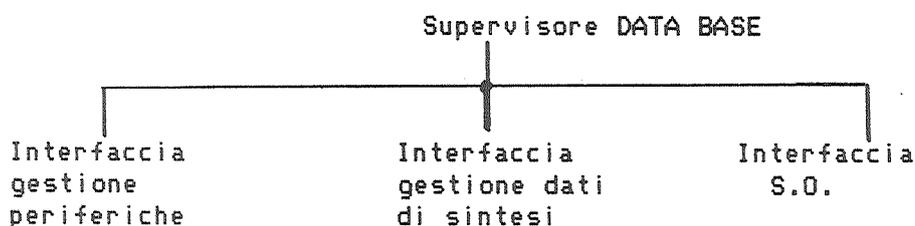


Fig.11

L'interfaccia per la gestione delle periferiche realizza e controlla il flusso dei dati dalle/alle periferiche collegate al sistema centrale di elaborazione (acquisitori, restitutori, dischi, nastri, etc.) consentendo la massima velocità di trasmissione; l'interfaccia per la gestione dei dati di sintesi controlla l'organizzazione fisica dei dati sul disco realizzando una struttura standard dei dati stessi; l'interfaccia con il Sistema Operativo, infine, consente l'utilizzo delle "utilities" di sistema all'interno di IP-TEL.

I dati sono distribuiti per motivi di capacità e portabilità su due livelli principali collegati gerarchicamente (fig.12):

- a) dati completi (a ricerca "lenta"), contenenti tutte le informazioni riguardanti l'immagine;
- b) dati trattati (a ricerca "veloce"), contenenti tutte le informazioni di "sintesi" ottenute per elaborazione.



Fig.12

Lo scopo dell'organizzazione precedente e' quello di fornire una ottimizzazione dello spazio disco all'interno di IP-TEL: sui dischi sono presenti solo i dati "significativi" ottenuti direttamente mediante digitalizzazione o indirettamente mediante elaborazioni/trasformazioni delle immagini originali. I dati di sintesi sono, quindi, gestiti in linea, mentre la mole dei dati piu' consistente e' archiviata sui nastri.

I dati in linea possono essere elaborati utilizzando sia moduli o procedure applicative che operazioni e comandi di sistema: in entrambi i casi le opportune interfacce del Supervisore del Data Base provvedono a rendere trasparenti all'utente i meccanismi interni di gestione.

4.2 Gestione degli archivi sulle memorie di massa

Le immagini originali, le immagini elaborate e tutte le altre informazioni permanenti che sono gestite nel sistema, vengono registrate sulle memorie di massa e organizzate in archivi.

Le memorie di massa sono composte di unita` a nastro magnetico, con densita` di 800/1600 bpi, e di unita` a dischi magnetici sia di tipo a cartuccia removibile che di tipo fisso.

A seconda delle varie specifiche, i dati completi e di sintesi sono organizzati in archivi suddivisi in diversi formati standard, ed ogni particolare tipo di archivio e` gestito da moduli dedicati.

In genere sui supporti a nastro magnetico sono registrati gli archivi contenenti i dati completi (immagini digitalizzate) e le immagini ottenute con l'applicazione di particolari procedure di preelaborazione e di analisi che hanno prodotto risultati significativi. Sui dischi invece sono archiviati principalmente i dati e le immagini di utilizzo immediato, oltre a quelle immagini intermedie generate in applicazioni complesse il cui flusso operativo e` stato studiato e organizzato dall'utente.

La complessita` computazionale che si presenta nella maggior parte delle operazioni applicabili sulle immagini, rende indispensabile l'elaborazione dei dati direttamente sul disco. La memoria centrale degli elaboratori normalmente usati risulta infatti alquanto insufficiente a trattare globalmente moli di dati che variano, in generale, da un minimo di 10^6 elementi fino a 10^8 elementi e oltre:

diventa quindi fondamentale l'uso dei dispositivi piu` veloci al fine di non degradare le prestazioni del sistema.

Da queste considerazioni nasce l'esigenza di differenziare l'uso dei dati, classificandoli in "dati lenti" e "dati veloci". Sui nastri sono memorizzati i dati non in uso corrente, che rappresentano la quantita` decisamente piu` voluminosa dei dati del sistema; sui dischi, usati pressochè come una "cache memory", sono invece presenti solo gli archivi che hanno un utilizzo immediato o altre informazioni che sono spesso ricorrenti in molteplici elaborazioni. Solo raramente accade che i dati memorizzati su nastro vengano elaborati direttamente: si tratta prevalentemente solo di applicazioni particolari o di procedure di tipo batch a bassa priorita`.

Gli archivi possono contenere sia dati di tipo raster che di tipo vettoriale, organizzati su nastro o su disco. In fig.13 e` rappresentato lo schema di memorizzazione dei dati sui due supporti, tenendo conto che ad ogni immagine (grafica o pittorica) e` associata una "testata" informativa standard.

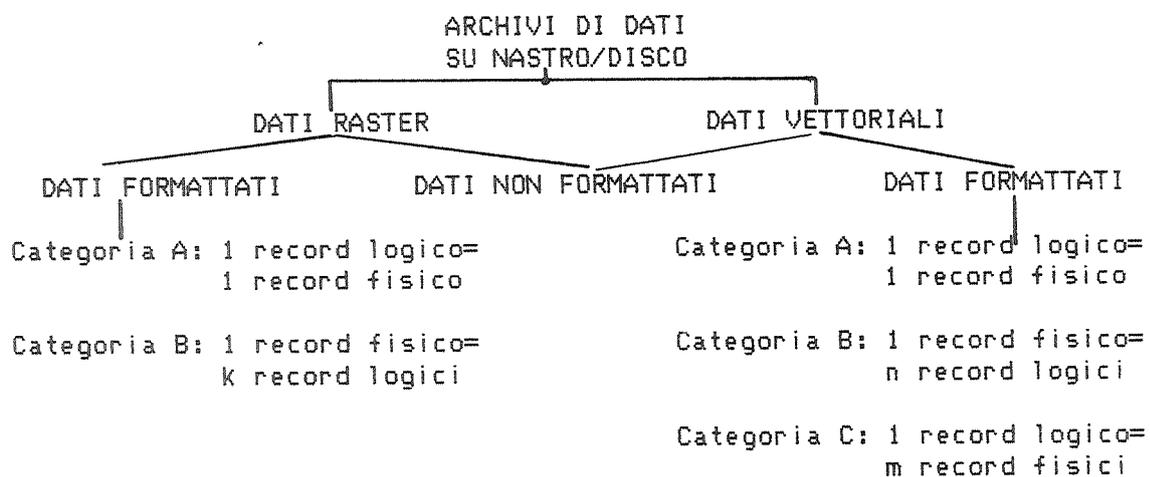


Fig.13

Gli archivi dei dati non formattati sono gestiti globalmente da moduli opportuni suddivisi per tipo di dato. Per i dati formati a tipo raster, gli archivi appartenenti alla categoria A comprimono le immagini in modo che un record corrisponda ad una riga (o colonna orizzontale) della matrice di rappresentazione dell'immagine, mentre gli archivi della categoria B comprimono le immagini in modo che con un'unica lettura, vengano caricate in memoria (generalmente una strisciata orizzontale). Per entrambe le categorie i record sono a lunghezza fissa.

Negli archivi della categoria C un record fisico corrisponde a una lunghezza fissa, e' solamente un segmento di un record logico lungo: un utilizzo di tale organizzazione e' tipico per la memorizzazione di curve, rappresentate in forma vettoriale, dove una curva completa corrisponde ad un record logico.

La testata standard associata ai dati immagine ha lunghezza fissa e contiene le seguenti informazioni:

- data di creazione dell'archivio;
- data dell'ultimo utilizzo dell'archivio;
- nome dell'archivio (pathname per i dati su disco);
- tipo di dati (raster, vettoriali);
- dimensioni dell'immagine (numero di record, valori per record);
- tipo di record;
- formato dei dati;
- valori di massimo e di minimo assoluti;
- istogramma (solo per dati raster);

- un record "note" nel quale possono essere inserite altre informazioni ausiliarie.

La gestione delle memorie di massa (allocazioni o rilascio di aeree, espansioni, etc.) e' affidata al Supervisore del Data Base e risulta totalmente trasparente all'utente che non voglia coscientemente farne un uso diverso. Particolari operazioni, inoltre, sono inibite all'interno di IP-TEL per motivi di sicurezza e privacy dei dati.

4.3 Gestione delle operazioni di I/O

Le operazioni di ingresso e uscita dei dati sono suddivise in due differenti categorie (fig.14):

- operazioni di tipo standard
- operazioni di tipo speciale

Nella prima categoria sono contenuti gli strumenti software per il controllo e l'interazione con le periferiche di tipo standard, come nastri magnetici, dischi, stampanti, tavoli digitalizzatori, dispositivi video-grafici; nella seconda categoria, invece, sono inserite quelle componenti software dedicate alla gestione di periferiche speciali, come strumenti di acquisizione e stazioni video-grafico-pittoriche.

Le diverse periferiche sono utilizzabili nel sistema mediante due classi di interfacce software relative alle diverse categorie di appartenenza: ogni classe di interfaccia, a sua volta, e' strutturata in pacchetti dedicati all'uso di una singola apparecchiatura.

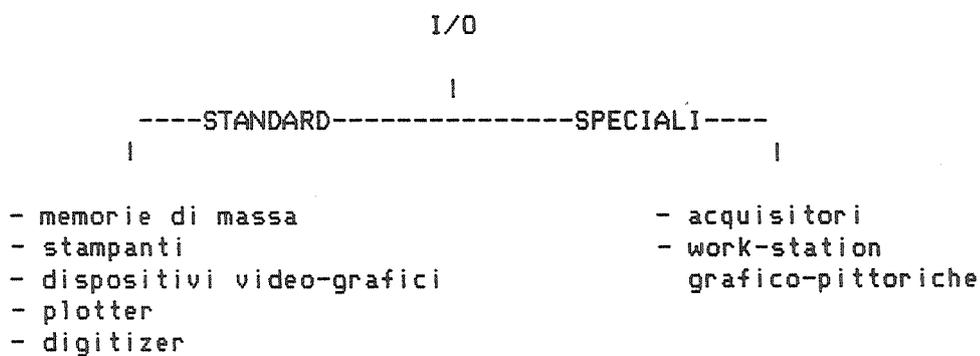


Fig.14

A causa delle dimensioni, generalmente molto grandi, delle immagini da elaborare, nelle operazioni di lettura e scrittura e' normalmente usato il metodo della finestrazione sui dati (fig.15).

Il blocco elementare, definito per la particolare operazione, e' individuato nella matrice immagine da:

- riga iniziale (IRI), riga finale (IRF), passo di scansione sulle righe (IPR)
- colonna iniziale (ICI), colonna finale (ICF), passo di scansione sulle colonne (IPC).

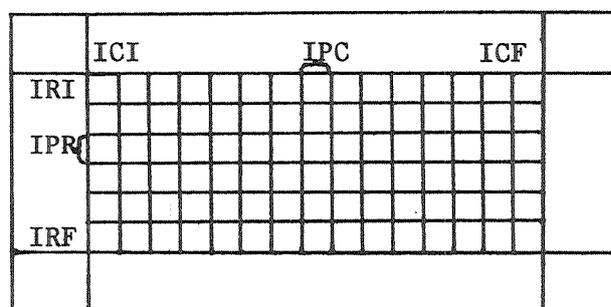


Fig.15

Tutte le funzioni che sono svolte in questo ambiente dai diversi moduli sono trasparenti all'utente; solo quelle operazioni che richiedono interattivamente i parametri che individuano una particolare finestra di elaborazione o riferimenti a librerie di sistema da programmi applicativi, prevedono specifiche conoscenze per l'utente.

4.4 Gestione della memoria centrale

Nella memoria centrale è riservata un'area esclusivamente dedicata ai dati immagine che devono essere elaborati. Quest'area può a sua volta essere scomposta in più blocchi (o "pagine") in modo da consentire elaborazioni contemporanee di più immagini o porzioni di immagini. Generalmente le immagini sono elaborate in finestre che, nella realizzazione attuale, sono blocchi massimi di 512x512 punti.

Poiché IP-TEL è un sistema multi-utente, possono coesistere più blocchi di memoria allocati da tasks differenti; l'attivazione di una particolare operazione che richieda uno o più blocchi dell'area dati riservata è possibile solo se la risorsa è disponibile: per non degradare i tempi di risposta di tutto il sistema mediante l'utilizzo di tecniche di spartizione e scambio, i programmi che richiedono risorse non disponibili immediatamente sono messi in una coda FIFO di attesa; è a descrizione dell'utente attendere o richiedere altre utilità.

L'utilizzo di un'area di memoria esclusivamente dedicata all'elaborazione dei dati-immagine è evidente nell'ottica dell'ottimizzazione delle velocità di elaborazione; la dimensione di tale area dipende dal sistema hardware sul quale viene installato

IP-TEL: nel caso del calcolatore GOULD SEL Concept 32/27 si hanno 1.5 Mega-bytes di memoria dedicati a tale scopo.

Per tutti i moduli e le procedure applicative di P-RS che utilizzano sezioni dell'area di memoria dedicata, si ha una gestione completamente trasparente all'utente in modo che non siano necessarie cognizioni specifiche.

4.5 Gestione degli errori

Ogni errore di esecuzione che si verifica in IP-TEL e' automaticamente recuperato in modo che la scansione di lavoro non venga interrotta.

Poiche' ogni esecuzione e' effettiva all'ultimo stadio di un percorso gerarchico di scelte operative, al momento in cui si verifica un errore il controllo ritorna all'ultima tabella di codici attivata. Al momento dell'occorrenza dell'errore il Sistema Operativo lo rileva, stampa il suo messaggio e passa il controllo al Gestore G-RS, il quale dopo aver rimosso il programma in esecuzione, attiva la visualizzazione a terminale della tabella dei codici attiva allo stato corrente, mettendosi in attesa di ulteriori richieste da parte dell'utente.

In fig.16 e' mostrato lo schema di gestione del flusso esecutivo in IP-TEL all'occorrenza di un errore.

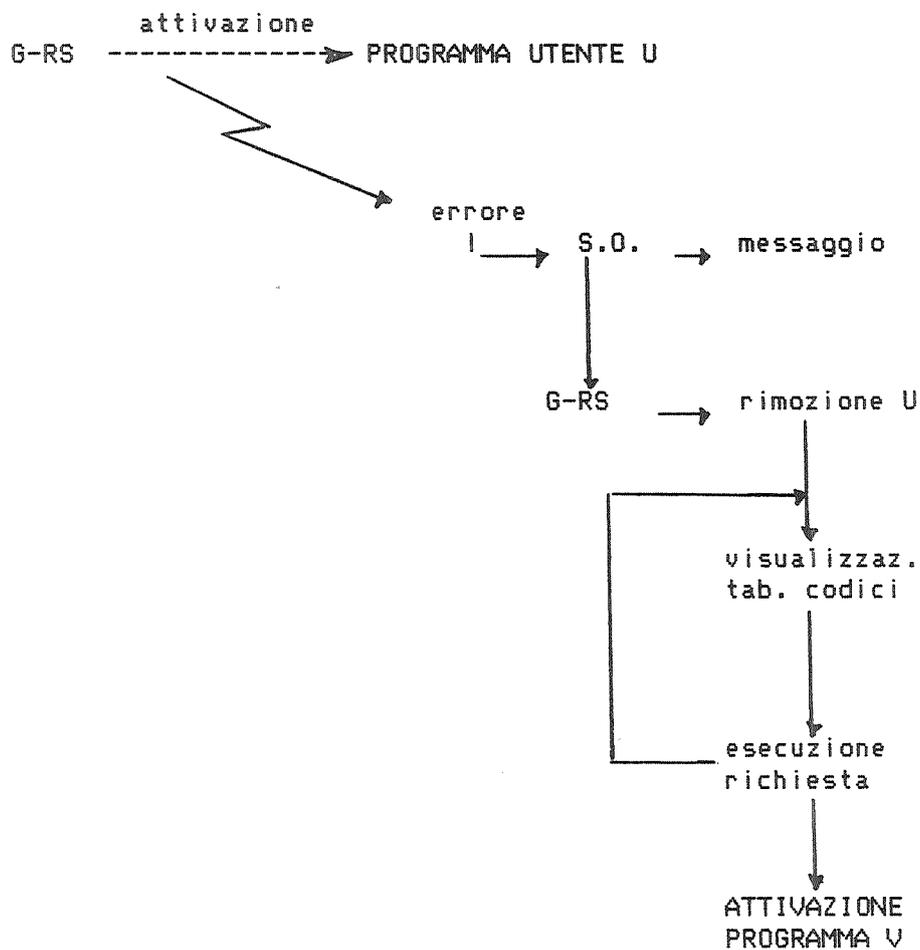


Fig.16

4.6 Il linguaggio di programmazione

Tutto il software ad alto livello di IP-TEL e' scritto in FORTRAN 77+. Principalmente l'utente comunica con il sistema utilizzando una filosofia a menu' in cascata, selezionando codici operativi da tabelle ordinate e semanticamente distinte.

L'utente puo' quindi costruire un proprio "programma" concatenando semplicemente in modo sequenziale uno o piu' codici operativi

corrispondenti a veri e propri moduli e procedure: in questo modo e' possibile realizzare un ambiente di sviluppo nel quale l'utente puo' sviluppare e testare propri "programmi" applicativi.

Parallelamente a questa struttura primaria coesistono altre forme di interazione utente-sistema. Infatti, l'attivazione di un particolare codice puo' fare entrare in altri ambienti operativi, come ad esempio un linguaggio di comandi o un interprete, nei quali le varie funzioni sono controllate localmente.

In particolare, all'interno di IP-TEL e' stato previsto un ambiente di lavoro privato per l'utente che puo' gestire le sue particolari risorse hardware e/o software, potendo utilizzare allo stesso tempo tutto il package generale P-RS.

Anche programmi applicativi scritti in linguaggi diversi dal FORTRAN 77+ possono essere sviluppati e inseriti definitivamente in IP-TEL. Nella versione sotto S.O. UNIX e' stato utilizzato il linguaggio C per implementare G-RS, mentre i moduli elaborativi e le procedure applicative sono principalmente in Fortran.

5. LE COMPONENTI PRIMARIE DI IP-TEL

IP-TEL e' strutturato in due ambienti operativi distinti, ma comunicanti, che individuano le componenti fondamentali del sistema.

Il gestore di programma G-RS costituisce la prima interfaccia ad alto livello tra l'utente ed il sistema globale, inteso sia a livello di sistema operativo sia a livello di ambiente esecutivo P-RS. La banca dati di moduli e procedure P-RS costituisce, invece, l'ambiente

esecutivo di IP-TEL, al quale sono devolute tutte le operazioni per il trattamento dei dati e delle immagini.

5.1 Il gestore di programmi G-RS

Il gestore di programmi G-RS esegue la funzione di collegare l'utente sia con il sistema operativo dell'elaboratore centrale sia con i moduli e le procedure del pacchetto P-RS (vedi fig.2).

Il collegamento con il sistema operativo è automatico e tale che l'utente può richiedere operazioni tipiche del sistema in modo del tutto trasparente. Verso il pacchetto P-RS l'utente, mediante interfacciamento interattivo, accede ad una gerarchia di codici di selezione suddivise in aree semantiche distinte: le singole elaborazioni possono essere eseguite selezionando i codici opportuni (vedi fig.7).

L'ingresso al sistema è differenziato tra l' "Amministratore di IP-TEL", considerato come un utente speciale, e l'utente normale, cioè l'utilizzatore delle risorse del sistema. La modalità di accesso, infatti, prevede un primo livello d'interazione costituita da due tabelle radici mediante le quali è possibile accedere alla gerarchia delle tabelle contenenti i codici di selezione. Questo primo livello contiene tutte e sole le classi di operazioni primarie, mentre ulteriori specializzazioni delle richieste sono definite sugli altri livelli della gerarchia. Solo nel caso di accesso dell' "Amministratore", le classi primarie contengono un ambiente operativo per la gestione del carico di utenza sul sistema e delle caratteristiche di lavoro degli utenti stessi.

In particolare, ad ogni utente sarà assegnato un codice identificatore, una password, ed un certo sottoinsieme di risorse disponibili, estratto dall'insieme complessivo delle risorse utilizzabili in IP-TEL: ad esempio, l'utente X con password Y e configurazione fisica Z, avrà l'accesso consentito alle operazioni di preelaborazione, analisi e classificazione, ma non all'acquisizione.

L'operazione effettiva richiesta dall'utente è attivata da G-RS all'ultimo livello del grafo d'ispezione delle operazioni selezionabili; dopo l'attivazione del modulo o della procedura opportuni, G-RS diventa interfaccia verso il programma in esecuzione il quale a sua volta interagisce in modo diretto con l'utente. Al termine della fase esecutiva il controllo è restituito automaticamente a G-RS che riprende la funzione di interfaccia verso l'utente, ripartendo dallo stesso livello di profondità nella struttura gerarchica delle tabelle di selezione.

5.2 Il pacchetto applicativo P-RS

P-RS è un package software per la gestione e il trattamento automatico d'immagini da telerilevamento, organizzato in insiemi omogenei di programmi costituiti da moduli elaborativi e da procedure applicative. Mediante la classificazione dei diversi tipi di funzioni da svolgere, gli insiemi primari che si ottengono sono:

- insieme dei moduli di elaborazione
- insieme dei moduli speciali
- insieme dei moduli e delle procedure per la ricerca automatica di strutture

- insieme dei moduli per la gestione dell'ambiente di sviluppo.

L'insieme dei moduli di elaborazione e' costituito da programmi che svolgono le funzioni di acquisizione, preelaborazione, analisi, restituzione e gestione della stazione video-grafico-pittorica.

L'insieme dei moduli speciali e' composto di programmi di utilita', di comandi speciali di sistema e di un ambiente di "riferimenti", nel quale sono accessibili all'utente informazioni alfa-numeriche e grafiche relative a problematiche specifiche della diagnostica e del controllo di qualita' industriali.

L'insieme dei moduli e delle procedure progettati per la realizzazione dei processi riconoscitivi sui dati, e' costituito da software applicativo per la "cluster-analysis", il riconoscimento di forme, l'estrazione d'informazioni e misure dai dati immagine, la classificazione di strutture. La natura eterogenea e le forme arbitrarie degli oggetti da esaminare ha indotto a prevedere la possibilita' di operare in questo ambiente anche in modo semi-automatico, al fine di consentire all'analizzatore stesso dei dati di guidare il processo diagnostico. Disponibili all'utente sono anche alcuni "archivi di riferimento", nei quali sono contenute immagini e dati di sintesi: tali informazioni sono costituite principalmente da immagini primarie o elaborate, ritenute di particolare interesse e considerate come stereotipi di categorie di oggetti significativi.

L'insieme dei moduli per la gestione dell'ambiente di sviluppo comprende tutte le utilita' software per consentire all'utente esperto di progettare e implementare in proprio procedure applicative. Oltre a

programmi di sistema per lo sviluppo fisico di software dedicato (editor, compiler, catalog), direttamente controllati in IP-TEL, sono disponibili all'utente insieme di librerie costituite da gruppi di sottoprogrammi sia di tipo generale che orientato al problema. In questo ambiente e' inserito anche un archivio che contiene riferimenti bibliografici relativi a tutto il software disponibile, il cui scopo e' quello di consentire all'utente ulteriori specializzazioni e ricerche nell'area di studio specifica.

Ognuno dei quattro insiemi primari che compongono il pacchetto P-RS e' a sua volta suddiviso in gruppi di programmi, ciascuno dei quali e' caratterizzato dal tipo di operazione che esegue, dal formato dei dati da elaborare e dal particolare tipo di periferica utilizzata.

5.2.1 Principali operazioni degli insiemi primari

Le funzioni piu' importanti che sono svolte dai vari moduli e procedure internamente agli insiemi primari possono essere riassunti in:

A) Elaborazione

a.1) Acquisizione:

- dati alfanumerici da dispositivi standard (p.e., tastiera);
- dati vettoriali da dispositivi standard (p.e., tablet, joy-stick);
- dati vettoriali da dispositivi non standard (p.e., memoria di quadro);
- dati immagini della stazione di acquisizione speciale;
- dati immagine da memoria di quadro;
- dati immagine da dispositivi a scansione (p.e., microfotometri MFA/XX/TV);

a.2) Preelaborazione:

- trasformazioni geometriche sulle immagini;
- trasformazioni radiometriche sulle immagini;
- filtraggi mono-bidimensionali nei domini spaziale e delle frequenze;
- convoluzioni con finestre costanti o parametriche;
- implementazione di operatori locali;

a.3) Analisi:

- operazioni statistiche;
- operazioni logiche;
- operazioni aritmetiche;
- segmentazioni;
- operazioni nel dominio delle trasformate;
- analisi della tessitura;
- calcoli geometrici;
- interpolazioni;
- analisi di Fourier;

a.4) Restituzione:

- dati alfanumerici (p.e., stampe);
- grafici mono-bi-tridimensionali su dispositivi standard o speciali (p.e., video-grafico, plotter, stazione video-grafico-pittorica);
- immagini in formato raster sulla stazione video-grafico-pittorica;

a.5) Gestione della stazione video-grafico-pittorica:

- generazione di modelli geometrici;
- generazioni di immagini test;
- gestione del colore;
- gestione "look-up table";

- gestione del joy-stick;
- gestione della tablet;
- gestione delle funzioni interne;
- allocazione/deallocazione della periferica.

B) Moduli speciali:

b.1) Utilita`:

- gestione dati su disco;
- gestione dati su nastro;
- gestione delle operazioni elementari della stazione video-grafico-pittorica;
- trasferimento dati tra periferiche;
- gestione della stampante;
- gestione elementare dei dispositivi di acquisizione;
- conversioni interne del formato dei dati;

b.2) Comandi speciali di sistema:

- richiesta dello stato generale del sistema;
- richiesta dello stato corrente di un programma;
- operazioni elementari sull'unita` a nastro magnetico;
- lista del contenuto di un volume, di un directory e di un file;
- rename e cancellazione di un file su disco;
- richiesta ed esecuzione di tutti i comandi elementari di sistema;

b.3) Riferimenti:

- gestione delle strutture dati dell'ambiente (p.e., tabelle, inizializzazioni, etc.);
- rappresentazioni grafico-pittoriche dei dati e risultati statistici;
- calcolo statistico sui dati ricavati dai processi diagnostici e di controllo sulle immagini;

C) Ricerca automatica:

c.1) Classificazione strutture:

- cluster analysis;
- pattern recognition;
- segmentazione e misura;
- classificazione;

c.2) Uso generale:

- codifica;
- compressione;
- algoritmi di analisi, riconoscimento e classificazione di tipo generale e non finalizzati allo specifico problema;

c.3) Archivi di riferimento:

- gestione del data base;
- gestione delle immagini (p.e., rappresentazione e manipolazione);

D) Ambiente di sviluppo:

d.1) Implementazione di procedure applicative:

- gestione scrittura del software applicativo;
- gestione verifica sintattica del software;
- gestione della costruzione del programma eseguibile;
- gestione di librerie di sottoprogrammi privati.

Ad ogni livello del grafo della gerarchia di selezione delle diverse funzioni di P-RS e' previsto l'inserimento di un help-file specifico: nel sistema sono disponibili, quindi, differenti livelli di consultazione con specifiche di dettaglio variabili.

6. COMUNICAZIONE UTENTE-SISTEMA

La comunicazione tra l'utente e IP-TEL avviene, ad un primo livello, mediante tabelle di codici di selezione semanticamente differenziate che abilitano l'avviamento di particolari operazioni.

La struttura di collegamento delle tabelle funzionali è realizzata con un grafo che rappresenta un albero gerarchico ispezionabile sia in modo bidirezionale che trasversale.

Il modo normale di accesso a IP-TEL (un utente che non sia l'amministratore) consiste nella presentazione di una tabella radice fondamentale nella quale sono resi disponibili, a livello 0, tutti gli insiemi primari e le differenti classi di funzioni di base (fig.17).

```
----- IP-TEL -----
*** Moduli di Elaborazione ***
Acquisizione..... 1
Pre-Elaborazione..... 2
Analisi..... 3
Restituzione..... 4
Gest. Stazione Video-Grafico-Pittorica..... 5
*** Moduli Speciali ***
Utilita'..... 6
Comandi di Sistema..... 7
Riferimenti..... 8
*** Ricerca Automatica ***
Classificazione strutture..... 9
Procedure e Moduli di Uso Generale..... 10
Archivi Storici..... 11
*** Ambiente di Sviluppo ***
Costruzione/Modifica di Procedure Applicative..... 12
FINE SESSIONE..... 0
-----
```

Fig.17

Nel caso di accesso a IP-TEL da parte dell' "Amministratore del sistema", la tabella radice fondamentale risulta modificata come in fig.18

```

----- IP-TEL -----
*** Moduli di Elaborazione ***
Acquisizione..... 1 ---
Pre-Elaborazione..... 2 ---
Analisi..... 3 ---
Restituzione..... 4 ---
Gest. Stazione Video-Grafico-Pittorica..... 5 ---
*** Moduli Speciali ***
Utilita'..... 6 ---
Comandi di Sistema..... 7 ---
Riferimenti..... 8 ---
*** Ricerca Automatica ***
Classificazione Strutture..... 9 ---
Procedure e Moduli di Uso Generale..... 10 ---
Archivi Storici..... 11 ---
*** Ambiente di Sviluppo ***
Costruzione/Modifica di Procedure Applicative..... 12 ---
*** Gestione Utenti ***
Inserzione/Modifica/Cancelazione Utenti IP-TEL.... 13 ---
FINE SESSIONE..... 0 ---
-----

```

fig.18

L'utente accede inizialmente alla propria macchina definita nel sistema di calcolo dal "System Manager" (non necessariamente coincidente con l' "Amministratore di IP-TEL"); quindi, puo` inserirsi in IP-TEL mediante un accesso particolare e predefinito che simula l'ingresso stesso al sistema di calcolo utilizzato e che viene controllato dall' "Amministratore".

Il livello 0 definito dalla tabella radice contiene dei codici di selezione che costituiscono le chiavi di accesso per l'ispezione delle funzioni nei sottoalberi corrispondenti alle classi di base (fig.19).

Livello 0

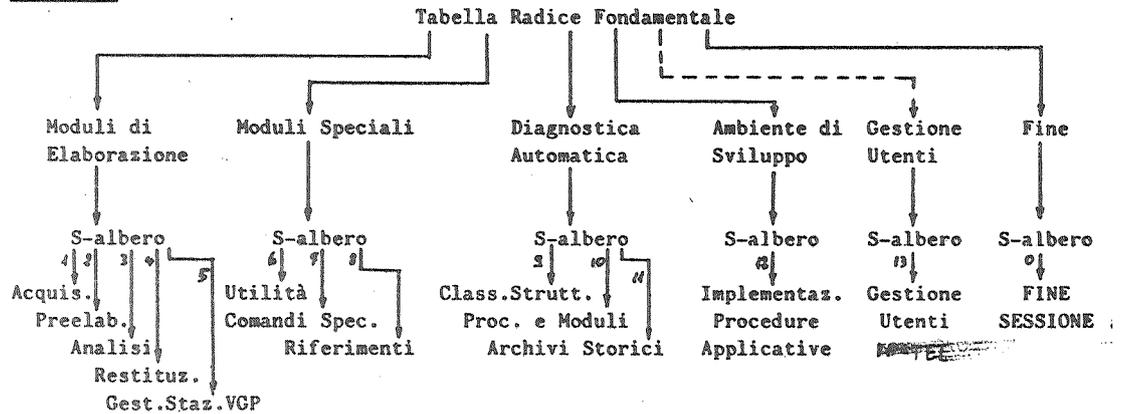


Fig.19

Ogni sottoalbero, a sua volta, si sviluppa in una struttura sempre piu' ramificata e profonda, conseguentemente alle funzioni previste e al tipo e grado di richiesta da parte dell'utente.

All'ultimo livello, cioe' allo stadio terminale di un determinato percorso di selezioni, si trovano le foglie della struttura, costituite dalla banca dati di moduli elaborativi e procedure applicative (P-RS).

Nel seguito descriveremo in dettaglio la struttura interna degli ambienti "fisici" in cui e' suddiviso IP-TEL e i diversi sottoalberi attualmente previsti nel sistema.

6.1 Ambienti fisici di IP-TEL

La configurazione interna di IP-TEL nel sistema di calcolo globale prevede l'utilizzo delle risorse in modo opportunamente definito.

I volumi e le direttrici sono distribuiti in funzione del tipo e della categoria delle informazioni gestite, in modo che ogni risorsa creata risulti omogenea.

Gli ambienti fondamentali del sistema sono rappresentati in fig.20: ad ogni ambiente e' associata una direttrice dedicata.

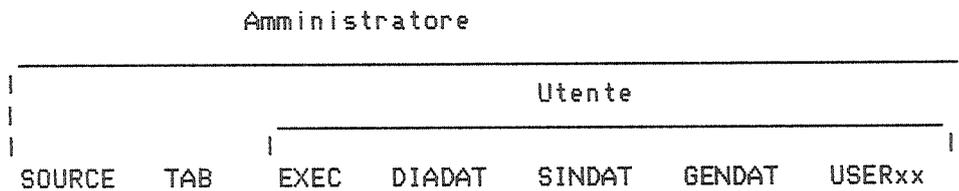


Fig.20

L' "Amministratore di IP-TEL" ha la possibilità di controllare direttamente tutti i diversi ambienti; l'utente, invece, può accedere in modo differenziato solamente ad un sottoinsieme ben definito delle risorse disponibili: i contenuti delle direttrici EXEC e DIADAT sono accessibili in sola "lettura" o consultazione, mentre le informazioni archiviate sulle altre direttrici sono anche modificabili e aggiornabili. I sette ambienti fisici primari sono così strutturati:

- SOURCE: contiene tutti i moduli e le procedure dell'intero sistema sotto forma di programmi sorgenti. La privatezza e l'importanza delle informazioni contenute nella direttrice implicano che soltanto l' "Amministratore" abbia l'accesso consentito.

- TAB: contiene tutte le tabelle dei codici di selezione che costituiscono il grafo di interazione tra l'utente ed il sistema. In questo ambiente sono contenute, inoltre, la tabella primaria di gestione-utenti, altre tabelle di controllo e varie maschere di presentazione. Anche per questa direttrice, ovviamente, l'accesso e' limitato all' "Amministratore".
- EXEC: contiene tutti i moduli eseguibili utilizzabili nel sistema. Costituisce la vera e propria banca dati di moduli elaborativi e di procedure applicative (P-RS) nella quale e' inserito anche il gestore G-RS e gli altri programmi generali di gestione: questo ambiente e' "standard" per l'utente, nel senso che i moduli sono eseguibili ma non modificabili.
- DIADAT: in questa direttrice sono contenute le strutture dati che interessano la gestione delle informazioni relative all'insieme "Riferimenti", appartenente all'insieme primario "Moduli Speciali", e all'insieme "Archivi di riferimento", appartenente all'insieme primario "Ricerca Automatica". L'utente accede alla direttrice solo per consultazione, sia interattiva mediante esplicita richiesta, sia automatica da programma applicativo. Calcoli particolarmente interessanti e risultati significativi possono essere inseriti nella direttrice e, conseguentemente, messi a disposizione dell'intera utenza soltanto mediante esplicita richiesta dell' "Amministratore", l'unico ad avere un controllo operativo sulle informazioni contenute nella direttrice stessa.
- SINDAT: contiene dati di vario tipo. In particolare, la principale funzione della direttrice e' quella di contenere dati e immagini di

sintesi o in fase di elaborazione. I dati sono gestiti in linea e rappresentano le informazioni significative ottenute direttamente mediante digitalizzazione o indirettamente tramite applicazioni elaborative. I diversi archivi sono accessibili dall'utente sia in lettura che in scrittura.

- GENDAT: contiene dati e immagini di tipo generale. Tipicamente la direttrice e' utilizzata come magazzino primario in linea ad accesso veloce. L'utente ha accesso agli archivi in lettura e, se abilitato, anche in scrittura e cancellazione.
- USERxx: contiene file dati e programmi privati dell'utente. In questa direttrice, quindi, sono contenuti gli stadi intermedi e i risultati derivanti da applicazioni e test specifici realizzati in un ambiente di sviluppo personalizzato. Le direttrici di questo tipo sono tante quanti sono gli utenti attivi in IP-TEL (max 100: da USER00 a USER99).

Il lavoro degli utenti, gli ambienti primari ed, in genere, le risorse disponibili nel sistema globale coesistono ed interagiscono secondo diverse modalita' prestabilite.

Di seguito verranno descritti in modo dettagliato la struttura e le funzioni dei diversi sottoalberi che, allo stato attuale, costituiscono il nucleo fondamentale di IP-TEL.

6.2 Sottoalbero di "Acquisizione"

Lo schema dell'S-albero di acquisizione e' mostrato in fig.21.

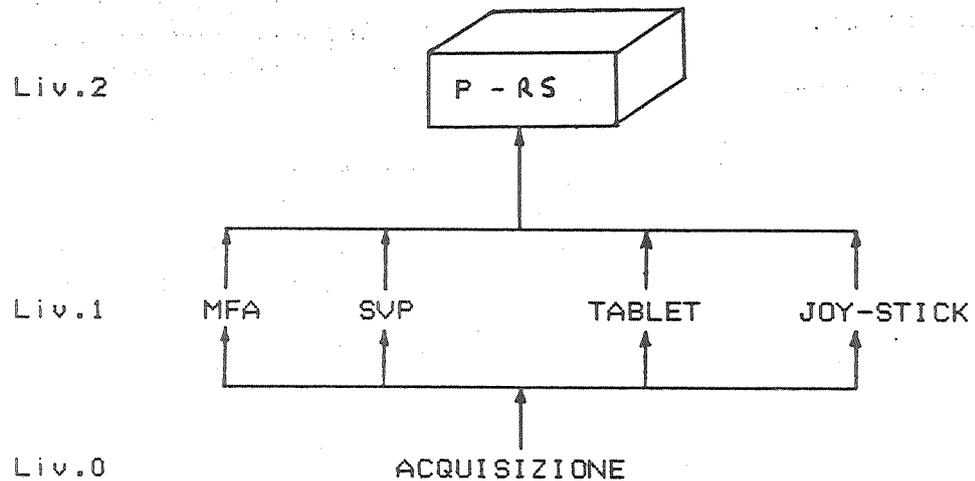


Fig.21

Mediante l'accesso a questo S-albero l'utente e' in grado di selezionare, avviare e controllare il processo di acquisizione di immagini o insiemi vettoriali.

I moduli e le procedure utilizzabili nell'S-albero possono essere di tipo completamente automatico oppure possono richiedere interattivamente insiemi di parametri per l'attivazione e il completamento delle varie operazioni.

Le immagini acquisite o gli elementi lineari digitalizzati sono archiviati nella direttrice GENDAT.

6.3 Sottosalbero di "Preelaborazione"

Lo schema dell'S-albero di preelaborazione e' mostrato in fig.22.

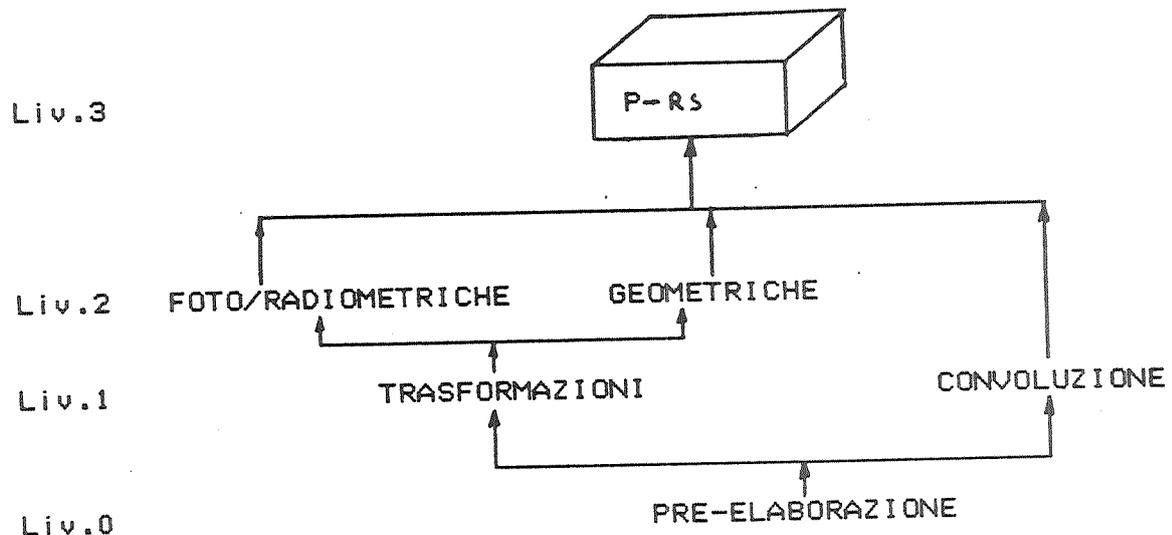


Fig.22

L'S-albero di preelaborazione contiene moduli e procedure per la correzione di errori propagatisi nei processi di formazione, ricostruzione e digitalizzazione dell'immagine. La funzione di queste applicazioni, quindi, e' quella di rimuovere il "rumore" dai dati per ripristinarne il valore originale. Tipiche operazioni eseguibili in questo ambiente sono filtraggi mono/n-dimensionali nei domini spaziali e delle frequenze, trasformazioni geometriche, trasformazioni foto/radiometriche e applicazioni di operatori specifici di correzione.

6.4 Sottoalbero di "Analisi"

In fig.23 e' mostrato lo schema generale dell'S-albero di analisi.

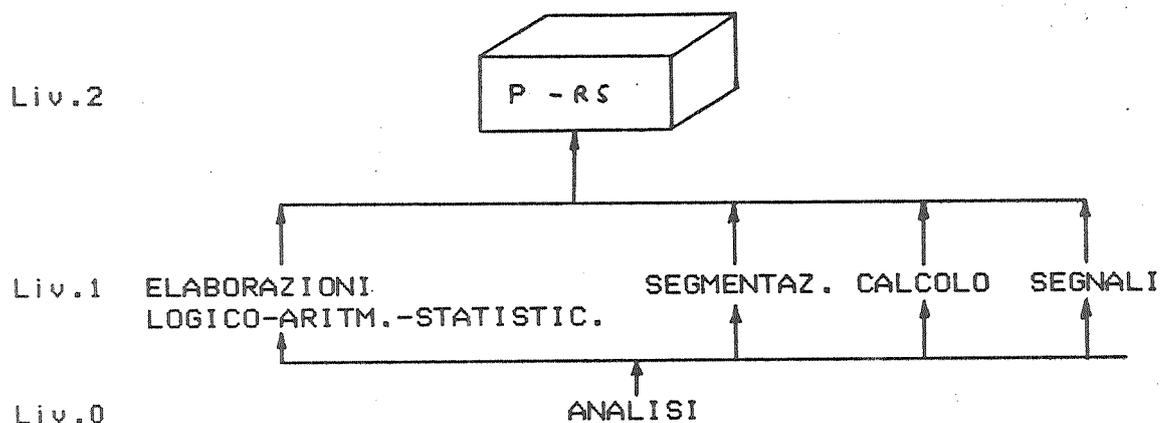


Fig.23

In questo ambiente l'utente puo` eseguire sulle immagini operazioni di analisi al fine di ridurre i dati significativi ed estrarre proprieta` dagli insiemi elaborati.

Le operazioni tipiche dell'S-albero di analisi eseguibili sulle immagini sono elaborazioni logico-aritmetico-statistiche, procedure di segmentazione, computazioni nel dominio delle trasformate, estrazione di caratteristiche di tessiture, calcoli geometrici e interpolazioni mono/n-dimensionali, "enhancement" e analisi di Fourier.

6.5 Sottoalbero di "Restituzione"

Lo schema generale dell'S-albero di restituzione e' rappresentato in fig.24.

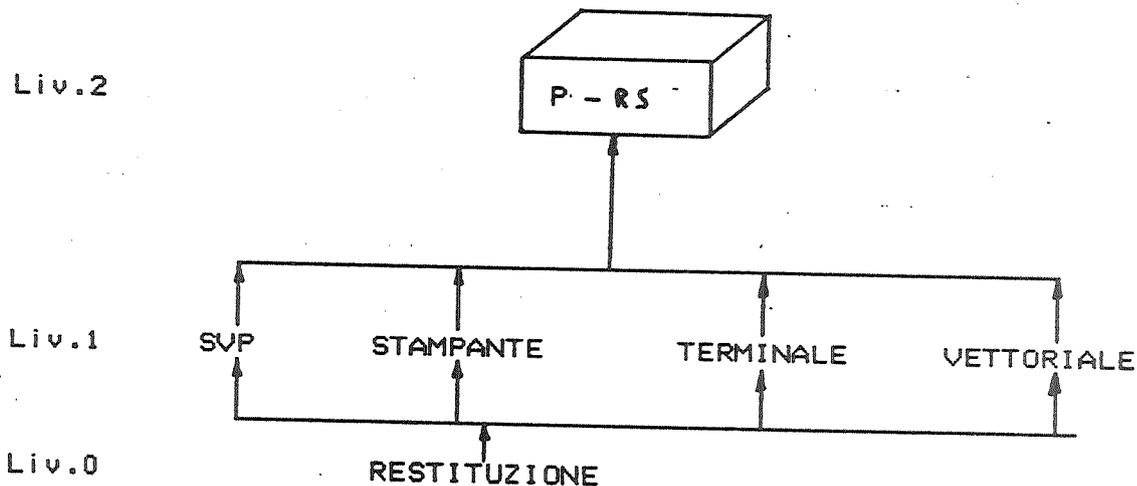


Fig.24

Le operazioni eseguibili mediante l'accesso a questo S-albero sono legate alla strumentazione periferica del sistema di calcolo generale.

Nella sua configurazione di base, IP-TE1 prevede l'utilizzo di una stazione video-grafico-pittorica e di terminali e stampanti standard. Il nucleo primitivo di funzioni eseguibili in questo ambiente prevede, quindi, la rappresentazione di immagini, il disegno di grafici e la stampa di dati alfanumerici; in particolare e' anche possibile modificare il tipo di rappresentazione dell'immagine utilizzando tavole di look-up o scale di grigio o pseudo-colore.

In questo ambiente e' gia' prevista una libreria di base per la gestione di plotter o terminali video-grafici che dovessero essere aggiunti per ulteriori espansioni del sistema.

6.6 Sottoalbero di Gestione della Stazione Video-Grafico-Pittorica

In fig.25 e' rappresentato lo schema dell'S-albero.

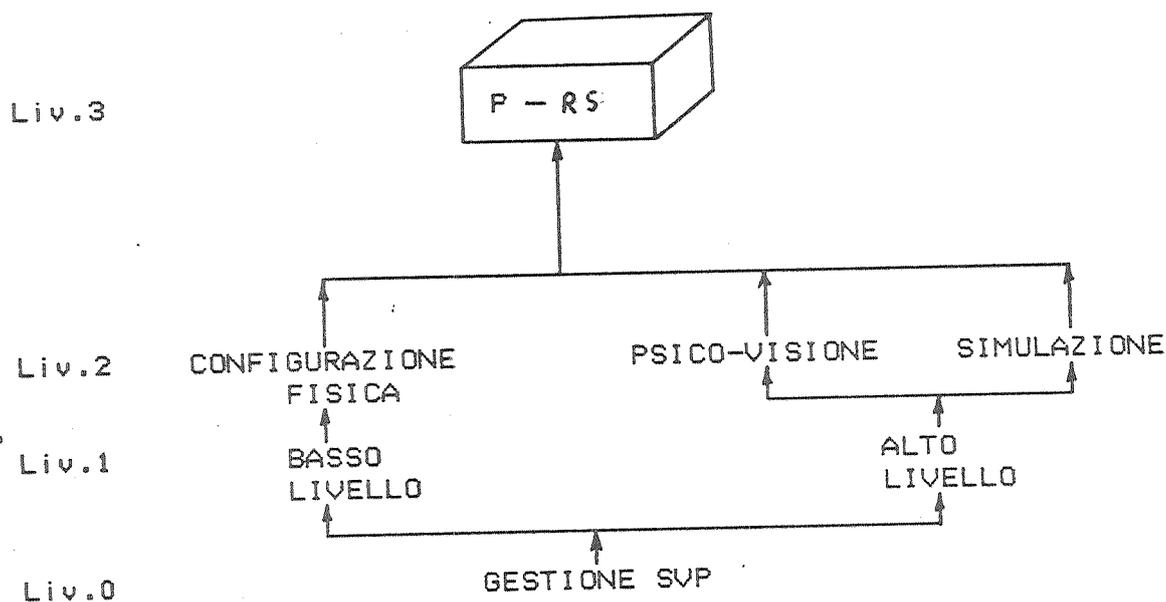


Fig.25

In questo ambiente sono inserite tutte le funzioni che consentono all'utente di interagire e pilotare la stazione intelligente video-grafico-pittorica.

Le operazioni fondamentali che possono essere eseguite tramite accesso all'S-albero si dividono in due categorie: operazioni di gestione della stazione a basso livello, relative alla sua configurazione fisica, e operazioni ad alto livello per studio e simulazione.

La prima categoria di operazioni comprende il controllo del joy-stick, della tablet, delle funzioni "interne" e dell'allocazione o rilascio della periferica; la seconda categoria, invece, prevede operazioni per la gestione delle tavole di look-up e del colore, e moduli per la simulazione e la generazione visiva di modelli geometrici n-dimensionali di immagini.

6.7 Sottoalbero di "Utilita`"

Lo schema dell'S-albero e` rappresentato in fig.26.

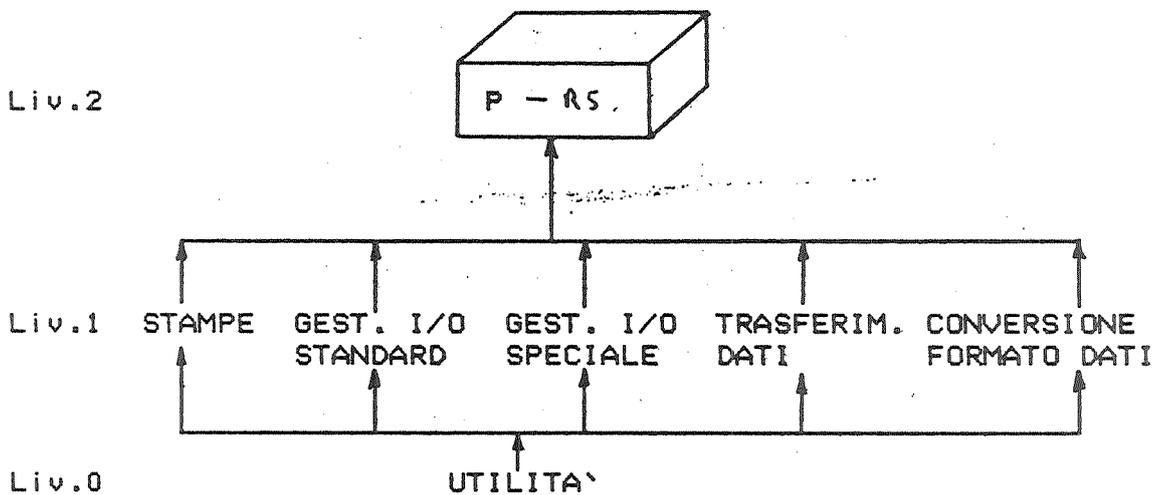


Fig.26

Mediante l'accesso all'S-albero di utilita` l'utente e` in grado di attivare operazioni di utilita` generale. I vari moduli inseriti in questo ambiente, tutti appartenenti al pacchetto software P-RS, svolgono le seguenti funzioni: stampa di dati alfanumerici sulle diverse periferiche; gestione di dati su disco e nastro magnetico; gestione

delle operazioni elementari riguardanti i dispositivi di acquisizione (posizionamenti, letture locali) e la stazione video-grafico-pittorica (ad esempio, multiplexing); trasferimento di dati tra periferiche; conversioni tra formati interni dei dati.

6.8 Sottoalbero di "Comandi Speciali di Sistema"

In fig.27 e' rappresentato lo schema dell'S-albero.

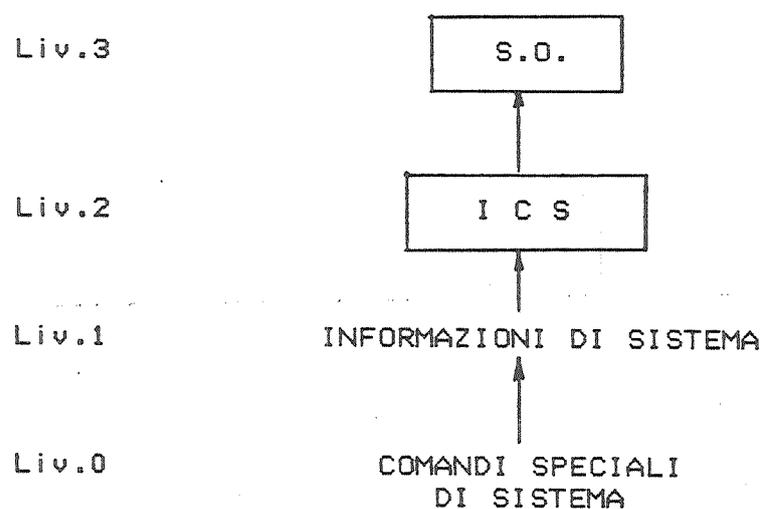


Fig.27

Le funzioni esecutive in questo ambiente rappresentano le foglie dell'S-albero di ispezione mediante il quale l'utente puo' attivare comandi speciali di sistema. Le varie funzioni sono eseguite direttamente da moduli del Sistema Operativo attivati e controllati dall'interfaccia ICS. L'utente puo' accedere, in modo completamente trasparente, ad informazioni interne relative allo stato globale del sistema, alle sue caratteristiche di connessione alla scansione di lavoro, alla data corrente e alle risorse hardware-software disponibili.

La selezione di altri codici di comando previsti nelle tabelle corrispondenti a questo livello permette anche di controllare ed operare sul disco (volumi e direttrici), di gestire le operazioni elementari sulle unita` a nastro (e/o floppy-disk), di inviare messaggi all'interno del sistema e di listare il contenuto interno di volumi, direttrici o files-programmi.

6.9 Sottoalbero di riferimenti

Lo schema illustrativo dell'S-albero riferimenti e` mostrato in fig.28.

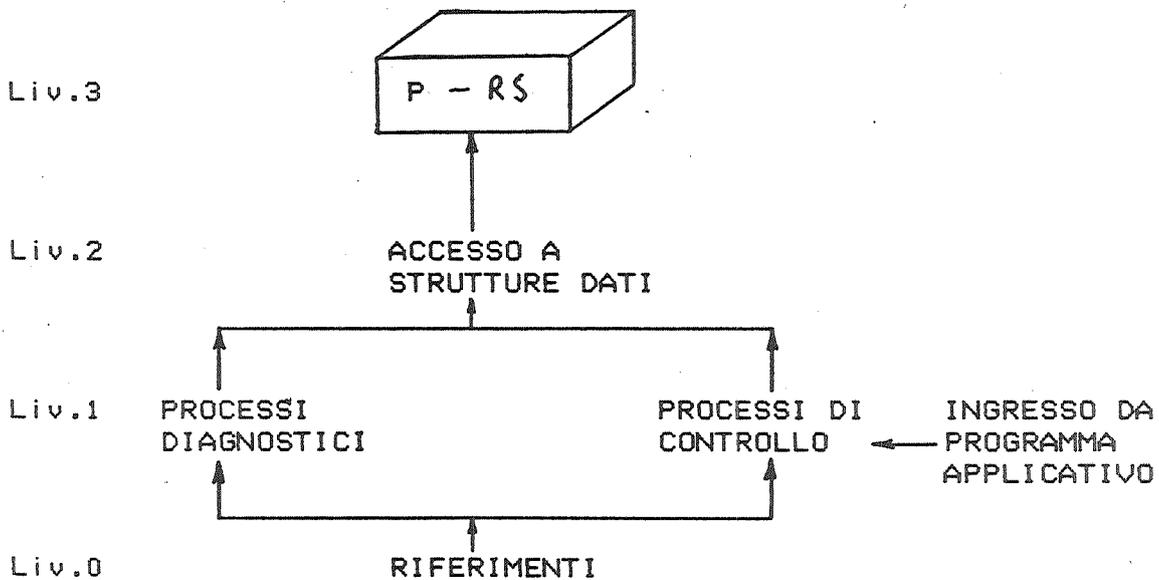


Fig.28

L'accesso a questo S-albero consente all'utente di ottenere informazioni descrittive, numeriche e grafiche relative a temi specifici dei processi diagnostici e di controllo sui dati. Interattivamente l'utente puo` controllare e consultare le strutture dati inserite

nell'ambiente e rappresentate o in forma di tabelle di vario tipo o in altro modo, come ad esempio grafici d'istogrammi o funzioni statistiche e analitiche.

Mediante la formalizzazione di un opportuno protocollo, e' ammesso che anche programmi applicativi di utente eseguano calcoli statistici sui dati strutturati per l'analisi e la simulazione di processi diagnostici sulle immagini, e operazioni di visualizzazione grafico-pittorica dei dati e risultati statistici elaborati.

6.10 Sottoalbero di "Classificazione Strutture"

In fig.29 e' mostrato lo schema dell'S-albero.

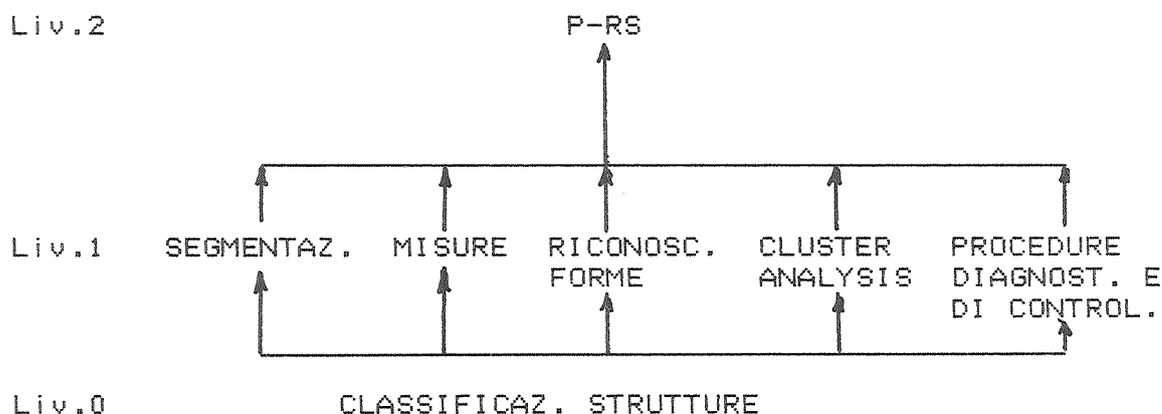


Fig.29

L'S-albero di classificazione strutture contiene moduli e procedure per la segmentazione di regioni, la misurazione geometrica ed analitica di parametri individuati sulle immagini, il riconoscimento di forme e lo studio di proprietà di insiemi di dati omogenei.

I programmi che possono essere attivati mediante l'accesso all'S-albero hanno caratteristiche finalizzate, in quanto sono il risultato di applicazioni analitiche relative a problemi specifici. In questo ambiente saranno inoltre inserite le procedure di diagnostica e controllo, anche esperte, che derivano da applicazioni sperimentali o studi di simulazione, e che garantiscono risultati interessanti.

6.11 Sottoalbero di "Procedure e Moduli di Uso Generale"

In fig.30 e' mostrato lo schema dell'S-albero.

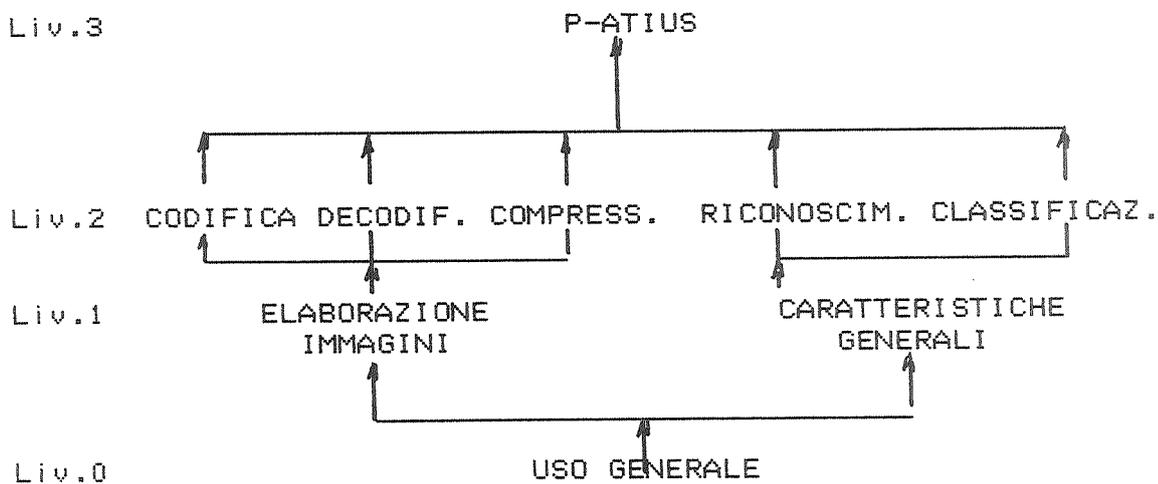


Fig.30

I moduli e le procedure inserite in questo S-albero comprendono funzioni con caratteristiche generali nell'area della diagnostica automatica. L'utente puo' richiedere l'esecuzione di programmi per la codifica e la decodifica di immagini o di suoi sottoinsiemi primari o

derivati, per la compressione di immagini e per la determinazione e l'analisi generale di parametri sui dati. Anche operazioni come il riconoscimento e la classificazione di oggetti, svincolate da ogni riferimento fisico, fanno parte del software inserito in questo ambiente.

6.12 Sottoalbero di "Archivi di Riferimento"

L'utente puo` accedere ad un ambiente nel quale sono disponibili informazioni strutturate in archivi e che rappresentano particolari immagini e dati di sintesi ottenuti mediante elaborazioni.

Gli archivi sono uno strumento di ausilio ai processi di diagnosi e di controllo sui dati: le informazioni in essi contenute identificano elementi di particolare interesse che possono essere considerate stereotipi di categorie di strutture significative.

L'ingresso a questo S-albero consente all'utente di gestire in modo passivo, cioe` in sola lettura, la Base di Dati degli archivi e delle informazioni in essi contenute, ed inoltre, di visualizzare opportunamente le immagini inserite in qualche archivio e ritenute interessanti.

L'aggiornamento dei contenuti e del numero degli archivi consultabili e` demandato unicamente all'Amministratore di IP-TEL conseguentemente all'esperienza dell'utenza.

In fig.31 e` mostrato lo schema dell'S-albero descritto.

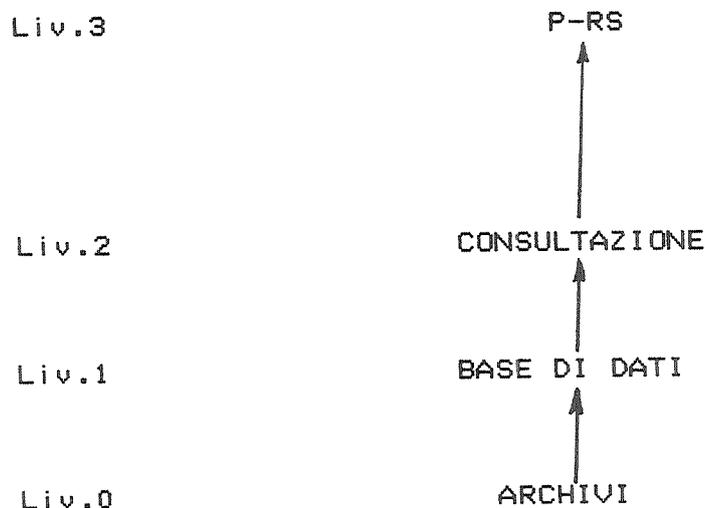


Fig.31

6.13 Sottoalbero di "Costruzione/Modifica di Procedure Applicative"

La selezione del codice 12 nella tabella radice fondamentale di IP-TEL consente all'utente esperto di accedere ad un ambiente di sviluppo contenente risorse hardware-software private.

Nel proprio ambiente di sviluppo l'utente puo` progettare, realizzare e controllare particolari procedure applicative; a tale scopo vengono messi a sua disposizione alcuni insiemi di moduli che realizzano una base di utilita` software.

La gestione delle funzioni in questo ambiente si incentra nel controllo della scrittura del software applicativo (editor "guidato"), nell'esame e verifica sintattica dei programmi (compilazione "guidata"), nella formazione del modulo eseguibile (catalogazione "guidata") e

nell'utilizzo di librerie standard per l'utente o nella costruzione e aggiornamento di librerie private.

L'utente puo' accedere anche ad un archivio di riferimenti bibliografici sul software del sistema per ulteriori approfondimenti.

Lo schema generale dell'S-albero e' mostrato in fig.32.

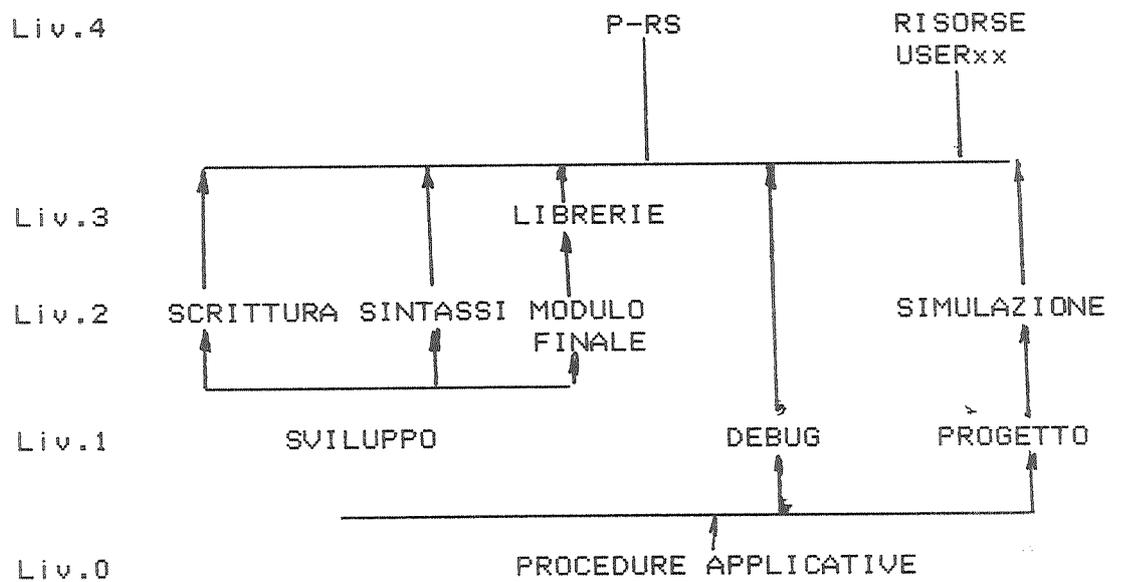


Fig.32

7. PROGETTO DI UN SISTEMA ESPERTO PER IL TRATTAMENTO DI IMMAGINI TELERILEVATE

La struttura disegnata e realizzata prevede un protocollo d'interazione tra l'utente e IP-TEL ed una organizzazione intrinseca che concorrono a formare un organismo dotato di elevata modularita', variabilita' e flessibilita' di gestione ed aggiornamento.

La sostituzione e l'inserimento di insiemi di moduli e procedure o di interi sottoalberi nel sistema e' possibile mediante una semplice operativita'. Questa caratteristica di IP-TEL esalta la possibilita' di inserire nel sistema ambienti complementari o di diversa finalita', in modo da costruire una vasta ed articolata struttura orientata alla risoluzione di un gran numero di categorie diversificate di problemi.

L'applicazione primaria del sistema, tuttavia, rimane dedicata alla interpretazione e classificazione di immagini da telerilevamento, problemi alquanto complessi che richiedono contributi anche da applicazioni diverse nella elaborazione d'immagini e nella intelligenza artificiale.

La complessita' degli argomenti, della struttura e dei dati che concorrono nel loro insieme a configurare IP-TEL, non hanno impedito che l'interazione implementata tra l'utente e il sistema fosse di particolare semplicita': la selezione delle operazioni, che corrisponde alla navigazione sul grafo delle tabelle semantiche di codici, e' guidata passo per passo; gli errori casuali sono sempre gestiti e ad ogni livello di ispezione e' possibile interrogare il sistema per ulteriori chiarimenti.

Un importante ampliamento consiste nell'arricchimento dell'intelligenza stessa di IP-TEL mediante il travaso delle conoscenze degli esperti nel settore del trattamento di dati territoriali telerilevati.

Nel seguito si descrivono brevemente le caratteristiche principali di un progetto relativo alla realizzazione di un sistema esperto per il telerilevamento. L'architettura generale ipotizzata e' rappresentata in fig.7.1: tale struttura tiene conto del nucleo del sistema software IP-TEL, del quale in certo modo, vuole costituire una opportuna estensione.

Il progetto prevede che, il nuovo sistema sia formato da quattro componenti principali:

- interfaccia verso l'esterno;
- controllo globale;
- insieme di procedure tematiche strutturate in livelli;
- insieme di procedure dedicate all'elaborazione di immagini e, in generale, alla Computer Vision.

Allo stato attuale le varie procedure sono fra loro indipendenti, ed e' l'utente stesso, in questo caso esperto, che forma di volta in volta le sue applicazioni con l'uso di componenti primarie elementari, ognuna delle quali risolve un problema strettamente specifico (ad es. estrazione di bordi e contorni, variazioni del contrasto, etc.).

Le procedure attuali, progettate per la soluzione di particolari sottoproblemi, saranno trasformate suddividendole in tre aree cooperanti:

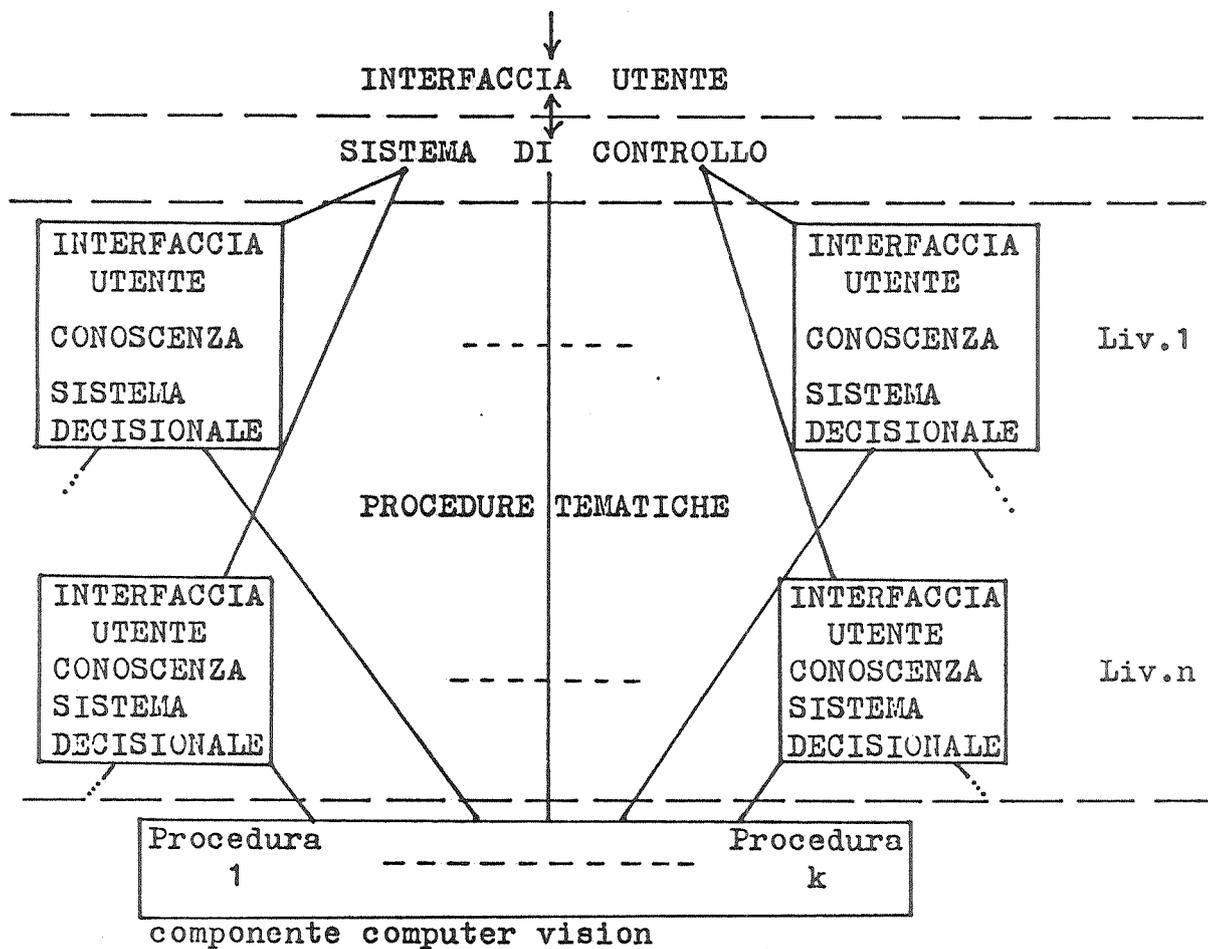


Fig. 33

- il parametro n identifica la complessità globale e potenzialità del Sistema
- ogni procedura tematica, a qualunque livello, può arricchire direttamente la propria base di conoscenza, relativamente allo specifico sottoproblema trattato

- una base locale di conoscenza, relativa al sottoproblema affrontato;
- un meccanismo di interazione con l'utente;
- un sistema decisionale locale.

Queste componenti potranno essere progressivamente arricchite, fino a definire un ambiente nel quale affrontare e risolvere la stessa classe di problemi. Inoltre la complessità di ogni problema può richiedere diversi livelli di operatività, a seconda dei differenti approcci di dettaglio. Per questo motivo è importante definire la componente delle procedure tematiche mediante una struttura stratificata a livelli, al fine di consentire un accesso flessibile ed efficace.

Ogni livello contiene conoscenza dichiarativa e procedurale relativamente alla determinazione di parametri che, nel loro complesso, risolvono o sono il risultato di una parte del sottoproblema. I diversi livelli potranno naturalmente scambiarsi vicendevolmente informazioni.

Ogni "attivazione" ad un livello inferiore comporta un aumento nella complessità, sia della conoscenza codificata nel sistema, sia delle potenzialità del sistema stesso.

Per ciò che riguarda l'insieme delle procedure applicative e dei moduli elaborativi dedicati alla Computer Vision, il progetto prevede che questi siano di tipo "non intelligente".

I vari moduli infatti, attivati da processi decisionali avvenuti a livelli superiori, si limitano ad implementare funzioni generali; in tal modo adempiono al compito di ricavare od estrarre insiemi di informazioni dalle immagini esaminate, fornendo ingressi parametrici a operatori decisionali attivi agli altri livelli.

Infine, per quanto riguarda la realizzazione delle componenti Interfaccia Utente e Sistema di Controllo, devono essere tenuti presenti la complessita` della struttura generale e la inevitabile caratteristica di dinamicita` della stessa. In particolare il controllo e` stato introdotto per fornire una struttura piu` flessibile al sistema; esso risulta tanto piu` necessario quanto maggiore e` la complessita` e variabilita` dei temi da affrontare. Tale sistema comunica sia con i vari livelli di procedure tematiche sia con le procedure specifiche per l'elaboraazione di immagini; il suo compito e` quello di attivare il "processo di analisi" di una immagine. Una volta iniziato, il processo verra` controllato dalle varie procedure tematiche di volta in volta attivate. Saranno proprio queste procedure a comunicare direttamente con l'utente ed a decidere il tipo futuro di elaborazione da eseguire.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Azzarelli L., Chimenti M., Salvetti O.: "GEPITER: un sistema software per il trattamento di immagini del territorio", 84-P2-TERRI-4-IEIPI-005, CNR-PFI (Pisa)
- 2) Azzarelli L., Chimenti M.: "Descrizione del microfotometro automatico MFA/250/LS", 83-P2-TERRI-4-IEIPI-003, CNR-PFI (Pisa)
- 3) Bozzi R., Salvetti O.: "Proposta per uno standard di documentazione dei prodotti software e dei dati", 83-P2-TERRI-4-IEIPI-007, CNR-PFI (Pisa)
- 4) Azzarelli L., Madrigali P., Salvetti O.: "Alcuni operatori locali per le immagini", 84-P2-TERRI-4-IEIPI-001, CNR-PFI (Pisa)
- 5) Azzarelli L., Bozzi R., Chimenti M., Salvetti O.: "GEPIM: gestore di programmi per il trattamento di immagini", 84-P2-TERRI-4-IEIPI-003, CNR-PFI (Pisa)
- 6) Azzarelli L., Bozzi R., Cerri S., Chimenti M., Salvetti O.: "PI-TER: un package di elaborazione per immagini", 84-P2-TERRI-4-IEIPI-004, CNR-PFI (Pisa)
- 7) Azzarelli L., Chimenti M., Nari N.: "SVP1000: una stazione di acquisizione, manipolazione e rappresentazione di immagini", 84-P2-TERRI-4-IEIPI-007, CNR-PFI (Pisa)
- 8) Fantini E., Bozzi R., Cerri S.: "Uno strumento software di base per la gestione dell'SVP1000 tramite host GOULD 32/27", 84-P2-TERRI-4-IEIPI-037, CNR-PFI (Pisa)
- 9) Bozzi R., Salvetti O.: "SUBMIT: libreria di sottoprogrammi per il trattamento matematico e statistico di dati ricavati da immagini digitali", 84-P2-TERRI-4-IEIPI-014, CNR-PFI (Pisa)
- 10) Azzarelli L., Cerri S., Chimenti M.: "Procedure software di acquisizione per l'MFA/250/LS", 84-P2-TERRI-4-IEIPI-015, CNR-PFI (Pisa)
- 11) Madrigali P., Salvetti O.: "Manipolazione di immagini mediante modifiche di istogrammi", 84-P2-TERRI-4-IEIPI-020, CNR-PFI (Pisa)
- 12) Salvetti O.: "Interpolazione superficiale e curve fitting su immagini digitali", 84-P2-TERRI-4-IEIPI-021, CNR-PFI (Pisa)
- 13) Salvetti O.: "Trasformazione raster-to-vector di immagini digitali", 84-P2-TERRI-4-IEIPI-022, CNR-PFI (Pisa)

- 14) Azzarelli L., Chimenti M., Salvetti O.: "Una classe di moduli per il trattamento di segnali mono e bidimensionali", 84-P2-TERRI-4-IEIPI-023, CNR-PFI (Pisa)
- 15) Azzarelli L., Chimenti M., Salvetti O.: "La preelaborazione in un sistema per l'analisi di immagini", 84-P2-TERRI-4-IEIPI-028, CNR-PFI (Pisa)
- 16) Azzarelli L., Chimenti M., Salvetti O.: "La pre-analisi sui dati immagine", 84-P2-TERRI-4-IEIPI-029, CNR-PFI (Pisa)
- 17) Madrigali P., Milano U., Papitto M.: "Una metodologia computer-aided per l'interpretazione di immagini digitali", Tesi di Laurea, Dipartimento Scienze Informazione, Pisa 1982
- 18) Azzarelli L., Madrigali P., Salvetti O.: "Sistema GEPATIUSR il trattamento di immagini orientato alla diagnostica ed al controllo di qualita'". Progetto ATIUS-2. SA85-01.
- 19) Preston K.Jr., Uhr L. (eds.): "Multicomputers and image processing", Academic Press (New York) 1982
- 20) Hall E.L.: "Computer image processing and recognition", Academic Press (New York) 1979
- 21) Duda R.O., Hart P.E.: "Pattern classification and scene analysis", Wiley (New York) 1973
- 22) Pratt K.W.: "Digital image processing", Wiley (New York) 1978
- 23) Flynn M.: "Some computer organizations and their effectiveness", IEEE Trans. Comp., C-21 pp.948-960
- 24) Brady M.: "Computational approaches to image understanding", A.I.Lab., M.I.T. 1979
- 25) Tanimoto S.L., Klinger A. (eds.): "Structured computer vision", Academic Press (New York) 1980
- 26) Duff M.J.B., Levialdi S. (eds.): "Languages and architectures for image processing", Academic Press (London) 1981
- 27) Andrews H.C., Hunt B.R.: "Digital image restoration", Prentice-Hall 1977
- 28) Rosenfeld A., Kak A.C.: "Digital pictures processing", Academic Press (London) 1976
- 29) Serra J.: "Image analysis and mathematical morphology", Academic Press (London) 1982

- 30) Rosenfeld A.: "Picture languages", Academic Press (New York) 1979
- 31) Ekstrong M.P.: "Digital image processing techniques", Academic Press 1984
- 32) Preston K.Jr.: Image manipulation languages - A preliminary survey. In "Pattern recognition in practice", Gelseman-Kanal eds., Amsterdam 1980, pp.5-20
- 33) Preston K.Jr.: Image processing software - A survey. In "Progress in pattern recognition", Vol.1, Kanal - Rosenfeld eds., Amsterdam 1981, pp.123-148
- 34) Haralick R.M., Krusemak S., Neikirk K.: "GIPSY: an introduction", Virginia Politech. Inst. State Univ. Rep. SDA 81-4, 1981
- 35) Kulpa K.: "PICASSO, PICASSO-SHOW, and PAL: a development of a high-level software system for image processing", Inst. of Biocyber. and Biomed. Engrg., Varsavia 1979
- 36) Fu K.S.: "Pictorial pattern recognition for industrial inspection" - In "Pictorial data analysis", Haralick R.M. ed., 1983
- 37) Kruger R.P., Thompson W.B.: "A technical and economical assessment of computer vision for industrial inspection and robotic assembly", Report LAUR-81-531, Los Alamos Scient. Lab., 1981
- 38) Jarvis J.F.: "An automating visual inspection", Proc. the Seventh Annual Automatic Imagery Pattern Recognition Symposium, 1977
- 39) Vandenburg G.J.: "Image pattern recognition applications in industrial inspections", Proc. the Eighth Annual Automatic Imagery Pattern Recognition Symposium, 1978