



Architettura Avanzata di Avionica: La Logistica aerospaziale

Giuseppe Quartieri, ANFeA,

Presidente del Comitato Scientifico dei Circoli dell'Ambiente e della Cultura Rurale

Parte quarta

INTRODUZIONE

Negli ultimi tre o quattro decenni, l'evoluzione della avionica aerospaziale (Space shuttle avionics e altri sistemi di bordo) ha fatto passi da gigante. Solo due decenni fa, la tendenza allo sviluppo era diretta al superamento della architettura d'avionica della prima generazione costituita di apparati commerciali completamente digitali di sistemi d'avionica integrata. I primi di sistemi digitali furono introdotti dalla Boeing negli suoi aeroplani 757/767 e negli Airbus europei. Questi aeroplani mostravano caratteristiche funzionali molto avanzate basate su sistemi moderni di gestione del volo e cabine di pilotaggio di "vetro". Successivamente le allora nuove generazioni di avionica progettate e realizzate in aerei come il Boeing 747/400, lo Airbus A320 /330/340 e il Mc Donnell Douglas MD11 aggiunsero altre funzionalità quali i sottosistemi di manutenzione completamente controllati da calcolatore e/o il controllo di volo primario tramite "fly by wire". In ogni momento delle nuove progettazioni d'avionica furono prese e si prendono tuttora azioni di miglioramento di integrazione che includono le operazioni di volo, le operazioni di manutenzione, la funzionalità sistemica ed in genere i miglioramenti di hardware e software (ad es. la navigazione locale, la guida e il controllo dell'aeroplano, la macro programmazione con inclusi piani di rotta e di volo con aggiornamenti e ri-pianificazione, le comunicazioni remote, la gestione delle risorse di equipaggio di volo, la gestione della cabina di pilotaggio, la gestione delle risorse e degli apparati fisici reali, la gestione dei calcolatori di bordo e le attività di supporto incluso le attività di supporto logistico a terra.

Le ultime generazioni di aerei e quindi di avionica si paragonano sempre più alle varie configurazioni di "Space Shuttle". Uno dei progetti più avanzati è il Boeing 799 che, al momento, risulta certamente il progetto più avanzato al mondo.

In questo capitolo si presentano le basi fondamentali della logistica degli sistemi globali e degli apparati di bordo e del relativo supporto a terra. Ad esempio si possono citare i lavori di ricerca, di progettazione, di esecuzione e di mantenimento operativo di basi spaziali quali quella di Malindi nel Kenia per il progetto San Marco oppure la base di Telespazio nella Valle del Fucino in Abruzzo. Frattanto sono stati creati diversi gruppi telematici a riguardo delle telecomunicazioni spaziali quali: FEO Fotonica ed Elettro-Ottica, RST Reti e Sistemi di Telecomunicazioni; TIAI Tecnologie Informatiche e Applicazioni Internet; TMN Telerilevamento Monitoraggio Navigazione; comunicazioni dallo spazio dai satelliti di Arthur C. Clarke alle sonde spaziali; il futuro di internet: wireless, oggetti intelligenti e trasferimento di energia.

Ovviamente tutti questi sistemi di comunicazione spaziale non possono funzionare senza supporto logistico a terra.

Cenni di evoluzione della logistica

In chiave moderna la logistica è nuovo oggetto di scienza ed ingegneria dei sistemi ed, in quanto tale, è nata da pochi decenni. Tuttavia, i suoi concetti di base affondano le radici nella antica storia delle organizzazioni militari per la preparazione delle battaglie e per il supporto durante le varie diffusioni di eserciti in nuovi luoghi e Paesi conquistati. Il sostentamento e l'approvvigionamento delle truppe durante le avanzate strategiche oppure nelle ritirate è parte integrante del supporto logistico. Basta osservare le infrastrutture militari romane distribuite in tutto l'impero (ad es. il Vallo di Adriano in Britannia, tutte le fortificazioni in ogni Paese conquistato sino al lembo estremo dell'Impero Romano ecc.). Dopo la conquista di un nuovo Paese, la civiltà romana provvedeva a opere logistiche di distribuzione dell'acqua potabile ed acqua per irrigazione dei campi: *opere di natura rigorosamente e squisitamente logistica*. Quindi, la logistica è disciplina antichissima quasi quanto l'uomo.

Nell'era moderna, con la nascita dell'industria e la organizzazione industriale, il concetto di logistica ha assunto un ruolo essenziale e rilevante importanza nell'ambito della distribuzione dei prodotti industriali. Tuttavia non bisogna mai confondere fra la progettazione del sistema vero e proprio al quale bisogna applicare la logistica con la logistica stessa. In altre parole, la logistica di un sistema Σ è e rimarrà sempre e solo un "sottosistema" del sistema (complesso) vero e proprio che deve essere supportato con metodi e tecniche logistiche. In primo luogo, il sistema in studio ossia quello al quale bisogna associare la logistica è normalmente un grande sistema Σ ossia un sistema complesso.

**“La Brevità della Vita di Seneca”,
Prof. Gianni Degli Antoni, è sempre nella Sua
tasca, come l'ha aiutata nel Suo mondo
scientifico.**

Bè intanto con l'accorgermi che in duemila anni, non è cambiato niente. E certamente la differenza che c'è, è il petrolio, le automobili... Ma dal punto di vista dei rapporti sociali e delle forme democratiche, tutte bugie, è tutto uguale. Il modo di gestire i conflitti è cambiato nella facciata, ma nella sostanza l'uomo ha una grande incapacità a collaborare. Siamo tutti individualisti e non riusciamo mai ad accordarci su nulla. Questo è il problema, che non c'è capacità e, nello stesso tempo, questa è l'altra faccia della medaglia, poiché noi siamo capaci di accordarci dietro una bandiera, però a questo punto siamo nei guai, in quanto di bandiere non ce ne sono tante. Chiaramente il problema di fondo è l'energia, giacché la mancanza di energia e di ricchezza, produce violenza, prostituzione, delinquenza, la stessa delinquenza politica è conseguenza del fatto che c'è qualcuno che non ha letto con sufficiente attenzione questo libro. Bisogna diventare saggi tutti quanti, non solo io. Leggo questo libro per cercare d'insegnare la Saggezza che è necessaria. Qualche guerriero ci vuole, sono un pò malmesso ma sempre guerriero.

Intervista di Giuliana Poli

La proprietà logistica del sistema Σ deve, se ben progettata, essere in grado di *semplificare* il supporto logistico della distribuzione e vendita del prodotto. Questa caratteristica della logistica si è evoluta sempre più facendole assumere un peso preponderante nella distribuzione dei prodotti nell'ambito della Globalizzazione, del Mercato Globale e della liberalizzazione. Nella progettazione della logistica del sistema Σ complesso prende parte essenziale la relativa affidabilità, manutenzione, la pianificazione delle parti di ricambio, il supporto al prodotto e il relativo buon funzionamento lungo tutto il periodo di vita operativa del prodotto stesso.

Nell'ambito dei settori commerciali (trasporto, distribuzione di merci e prodotti ecc.) la logistica ha dovuto aprire i suoi campi di applicazione a nuovi aspetti quali il flusso dei prodotti, la distribuzione dei prodotti, il trasporto, il magazzinaggio e il deposito, la programmazione delle

parti di ricambio ecc. A mano a mano che i prodotti sono diventati più complessi e costosi, la nuova scienza ed ingegneria della logistica ha allargato sempre più il suo campo di applicazione. Nuovi sistemi complessi quali aerei, treni, navi, reti energetiche, reti informatiche ecc. hanno iniziato ad imporre nuovi requisiti complessi che implicano la realizzazione di proprietà e necessità logistiche molto severe e complesse.

L'analisi logistica deve includere la ricerca e la applicazione di nuovi metodi di trasporto appropriatamente progettati per definire, richiedere, imporre e impiegare specifiche tecniche opportune per i mezzi di trasporto impiegati allo scopo. Ciò implica la necessità di progettare e realizzare nuove infrastrutture e servizi portuali e aeroportuali, ferroviari e automobilistici nonché infrastrutture di supermarket, reti di ogni tipo ecc. Naturalmente tutta la organizzazione dei servizi di trasporto implica la adozione di metodi e tecniche operative avanzate di pianificazione e di programmazione e preparazione degli spazi di carico e scarico. Nell'ambito della pianificazione, le misure di logistica dalla affidabilità dei sistemi, alla loro mantenibilità, la disponibilità e lo sviluppo del concetto di manutenzione sin dall'inizio del progetto del sistema integrato di logistica costituiscono gli aspetti essenziali. Queste caratteristiche tecniche e le loro misure vengono, come detto, progettate nei sistemi sin dalla prima parte del progetto a condizione di eseguire le analisi funzionali e la conseguente allocazione dei fattori logistici. Quindi il progetto logistico continua con la analisi del supporto logistico a partire dalla analisi delle efficacia dei costi (cost effectiveness), analisi dei rischi e delle contingenze, e continuare con la filosofia di manutenzione, i livelli di riparazione, la progettazione e realizzazione degli apparati di prove e collaudo (ATS, STTE ecc.) installati nelle sede operative dove si eseguono i vari livelli di manutenzione. Quindi dopo avere completato e verificato la analisi dei costi con la definizione delle categorie di costi secondo i vari modelli di supporto logistico, si procede alla esecuzione delle valutazioni e i controlli e collaudi propri del controllo qualità. La visione globale per sistemi però prevede la attuazione del sistema di gestione per la qualità in ottemperanza ai requisiti della normativa applicabile ad es. la norma UNI EN ISO 9001: 2008. Sistemi di Gestione per la Qualità. Frattanto va tenuto presente che le moderne varianti di gestione per la qualità impongono la visione globale ed integrata di qualità, ambiente e sicurezza. Di conseguenza ogni progetto di sistema integrato logistico deve contemporaneamente soddisfare i requisiti integrati di qualità, ambiente e sicurezza. In particolare, il progetto logistico deve soddisfare i requisiti delle norme ambientali UNI EN ISO 90014: assieme con i requisiti della relativa normativa di sicurezza internazionale ed europea. Purtroppo in questo periodo storico, sta assumendo sempre più importanza la crisi economica che sta diventando sempre più cruenta e insopportabile con aumento di disoccupazione giovanile, precarietà, riduzione stipendi e pensioni, incremento delle tasse e via discorrendo. La causa primaria di questa crisi economica va ascritta alla crisi energetica galoppante principalmente generata da:

1. Un enorme aumento dei prezzi del petrolio con relativo calo di produzione poiché é, a tutti gli effetti, una sorgente a tempo limitata.
2. Fenomeni similari per il gas naturale.
3. Progetto della riduzione (carbon saving) di carbone per soddisfare i requisiti climatici (global warming and global dimming).
4. Insorgere delle alternative energetiche rinnovabili e prima di tutte la alternativa nucleare (industrialmente rinnovabile).
5. Alternative rinnovabili classiche (solare, eolico, idraulico, geotermico, biomassa ecc.).

In questo panorama, sorge la necessità di affrontare le crisi – di qualunque natura essa sia – gestendo, anche in campo aerospaziale, i problemi della organizzazione industriale, della gestione degli affari, delle agenzie governative, dei servizi, della distribuzione dei prodotti d'avionica e di aeroplani in generale e del relativo supporto mediante una oculata e efficiente gestione delle risorse. Per potere eseguire questa gestione bisogna tenere in debito conto tutto

il ciclo di vita del prodotto e quindi la realizzazione del supporto logistico al pari della ricerca, dello sviluppo, della produzione e delle prestazioni tecniche risultanti.

Di conseguenza, per potere essere coerente e assumerne la dovuta rilevanza, la progettazione della logistica deve iniziare dalle prime fasi del progetto. Così, le decisioni prese in questi stadi del progetto influenzano tutte le realizzazioni eseguite durante le fasi successive ed in special modo le implementazioni operative in ambiente logistico operativo (infrastrutture, sistemi di collaudo e prove e di prove automatiche distribuite geopoliticamente nelle aree di interesse logistico ecc.). Ne scaturisce una forte relazione generale di causa ed effetto fra progetto d'aereo e d'avionica e il relativo supporto logistico che, quando viene analizzata dal punto di vista dell'analisi dei costi del ciclo totale di vita, mette in evidenza la superiorità dei costi della logistica rispetto ai costi di vera e propria progettazione del sistema in esame.

L'obiettivo finale rimane lo sviluppo, la produzione e le operazioni di un sistema che incorpora il supporto logistico integrato d'avionica con le necessarie capacità e prestazioni sia in termini di efficienza che di efficacia.

Questo capitolo del libro sulla Architettura Avanzata di Avionica presenta l'approccio moderno alla logistica in tutte le sue forme e aspetti cercando di includere piuttosto che seguire i requisiti dei programmi istituzionali che appaiono troppo dedicati a specifiche applicazioni operative che rispecchiano la suddivisione classica fra progetti terrestri, navali ed aeronautici. In particolare, osservando il campo della progettazione degli studi delle scuole di aeronautica, scuole navali ecc. con i nuovi decreti si assiste ad una variante fondamentale dell'approccio agli studi stessi. Nell'ultimo secolo queste scuole si sono proposte di insegnare la progettazione di sistemi quali navi, velivoli, treni, automobili o ogni altro tipo di sistema sia semplice che complesso. La nuova riforma scolastica dell'ex Ministro Germini sposta il fuoco degli interessi per le scuole superiori di aeronautica, scuole navali e quant'altro agli aspetti logistici e vengono trascurati i veri e propri aspetti progettuali di detti tipi di sistemi. In questa maniera, la legge emessa dal Ministero dell'Istruzione sembra definire nettamente la preparazione dei "tecnici" (ad es. aeronautici, navali, dei trasporti in generale ecc.) rispetto alla preparazione degli ingegneri che dovrebbero progettare aerei, navi, treni, reti informatiche, supermercati ecc. Non sussiste priorità del progetto rispetto alla logistica e viceversa. Si tratta di porzioni intellettualmente impegnative del "progetto globale". Comunque la logistica è solo uno degli aspetti di progettazione dei sistemi complessi Σ ma non va assolutamente sottovalutata anche per i risvolti e le implicazioni economiche che normalmente sono abbastanza ragguardevoli. In altre parole, la distinzione ministeriale di preparare solo tecnici (periti industriali, ecc.) preparati nella logistica appare alquanto discutibile se non del tutto inutile e mortificante. Infatti in questa maniera, i tecnici, a livello di maturità, non ricevono alcuna conoscenza della progettazione dei sistemi complessi Σ siano essi navi, aerei, treni ecc. D'altra parte si tratta di una scelta per una chiara demarcazione di professione e di preparazione che giustamente devono e sono armonizzate fra di loro. Tuttavia, va chiarito che la logistica qui viene trattata come scienza ed ingegneria dei sistemi e pertanto assume il massimo livello professionalità e conoscenza. Per ridurre alcune ed eventuali difficoltà matematiche che segnano la linea di demarcazione fra ingegneri e tecnici, alcuni calcoli matematici sono riportati in appendice ai vari capitoli.

Inoltre, gli aspetti geopolitici locali e allargati alla geografia di interesse del sistema Σ che bisogna supportare in modo logistico stanno prendendo un particolare aspetto in questo momento storico. Infatti, la progettazione del sistema Σ secondo il modello che verrà sviluppato al secondo capitolo prevede la conoscenza degli "inputs" in ingresso al sistema stesso. Questi "inputs" funzionali includono anche gli "inputs" ambientali ossia tutti quei fattori ambientali (sollecitazioni del tipo temperatura, pressione, umidità, radiazione solare, pioggia, neve ecc.) ma anche sollecitazioni ambientali di natura artefatta da umani quali opposizioni sociali, etiche, psicologiche, difensive o di ostruzione ed opposizione ai cambiamenti geopolitici. La politica umana ha creato movimenti specifici che vivono di questo tipo di contestazione sociale che sopravvivono opponendosi a quasi tutti i tipi di progetti di infrastrutture distribuite nei vari Paesi

(ad esempio italiani e/o europei). L'esempio classico più noto è chiamato *NIMBY, Never In My Back Yard*, mai nel mio giardino, che può riferirsi ad un campo di aviazione come ad una centrale nucleare ecc. Si tratta di un movimento di opinione definito ambientalista che cerca di proteggere le proprie proprietà contro ogni forma di cambiamento e di costruzione di nuove infrastrutture. Infatti secondo i seguaci di questo movimento di opinione, che nasce come opposizione alla localizzazione di centrali nucleari, ogni nuova infrastruttura può indurre inquinamenti e produrre degenerazioni ambientali e di conseguenza, bisogna opporsi alla realizzazione delle relative strutture e infrastrutture.

In questi momenti storici, in Italia si è assistito, oltre alla opposizione NIMBY alla localizzazione delle centrali nucleari, ad una altra grande opposizione di tipo NIMBY, quella del movimento anti TAV (movimento di opposizione alla costruzione di una infrastruttura di treni ad alta velocità, ad es. in Val di Susa). Fenomeni simili si sono già verificati in Italia con le dimostrazioni anti campi di aviazione o semplicemente delle aviosuperfici. Questi movimenti pseudo-ecologici (e si allude a Lega Ambiente, i Verdi, Green Peace ed alcuni altri particolari tipi di movimenti ambientalisti orientati come si vedrà al *B.A.N.A.N.A.*) si sono opposti in modo pregiudiziale e aprioristico alla localizzazione di qualsiasi tipo di sistema industriale moderno (da centrali nucleari a campi di aviazione dalla TAV industrie di produzione di ferro, acciaio ecc.) in vari siti d'Italia. Questi stessi movimenti non hanno opposto resistenze forti alla localizzazione di industrie chimiche estremamente più pericolose in caso di guasto chimico, non hanno fatto opposizione strenua e senza tregua a gasificatori, depuratori e discariche varie, con eccezione del mondo campano, che consegna la propria immondizia gratis a popoli del nord Europa che, con essa, producono energia, alla faccia degli italiani. Purtroppo questa è l'immagine dell'Italia attuale. Qualcuno dice che si tratta della Italia fallimentare dei "professori". In altre parole si sta verificando una degenerazione culturale disseminata nella popolazione che appare come la anticamera di una degenerazione politica. Purtroppo, non si può parlare di aspetti politici anche nel caso del Governo dei Tecnici (in realtà si tratta solo ed unicamente di tecnici contabili e bancari!).

La contestazione si sta allargando ad ogni tipo di infrastruttura e quindi contro tutti i tipi di razionalizzazione logistica per ogni grande sistema complesso che deve essere distribuito su uno o più Paesi. Di conseguenza ogni nuovo progetto (campo di aviazione con annesso supporto logistico integrato ecc.) che deve essere distribuito sul territorio implica la necessità della pianificazione logistica delle infrastrutture e tutte gli altri sottosistemi, apparati, dispositivi, moduli e componenti necessari alla realizzazione operativa del sistema globale. All'interno del mondo politico il movimento NIMBY è diventato NIMPTO (Mai Nel Mio Mandato). Frattanto, il movimento NIMBY è andato sempre più generalizzandosi fino a raggiungere enormi strati di popolazione e quindi ha cambiato nome ed è diventato *B.A.N.A.N.A.*

Negli ultimi decenni, l'atteggiamento psicologico medio degli italiani è stato quello di passare dalla posizione della sindrome NIMBY (Not In My Back Yard) alla posizione *B.A.N.A.N.A.* Questi atteggiamenti sono ormai dilaganti e onnipresenti, ad esempio nel caso della localizzazione delle miniere di carbone, dei gassificatori e dei termovalorizzatori. Invece, sembra che abbiano vita più facile i progettisti e i pianificatori della reti di stazioni di servizio di foritura di benzina, gasolio, gas poiché l'impatto ambientale è certamente inferiore. Come accennato, negli ultimi tempi, la posizione popolare con la costruzione di sistemi complessi si è aggravata trasformandosi in sindrome *B.A.N.A.N.A.* (Build Absolutely Nothing Anywhere Near Anything): non si costruisca assolutamente niente e nulla (in Italia) e da nessuna parte.

Il compito dei progettisti di sistemi completi diviene quindi ogni giorno più complesso soprattutto se l'organizzazione vuole gestire questi nuovi tipi di opposizione (NIMBY, BANANA) che ormai sono penetrati nella mente comune del popolo italiano

L'acquisizione delle autorizzazioni a procedere nel progetto, l'acquisizione del consenso popolare sono attività nuove per il "progettista" in senso lato, ma sono ben inclusi nell'approccio

per sistemi (alla logistica). Alcune volte questa attività viene considerata esterna al progetto, ma non è così dal punto di vista di sistema, poiché si tratta di acquisire gli ingressi (ambientali e funzionali) fondamentali per lo sviluppo del progetto stesso. Pertanto queste nuove attività sono diventate attività proprie del progetto. A stretto rigore, per essere purista bisognerebbe parlare di attività di “system performance marketing oriented”. Così il linguaggio della logistica si arricchisce di nuovi e imprevisi risvolti: gli “inputs” alla pianificazione della logistica, del supporto logistico basati sulle “system performances” e sulla “dependability” ossia la confidabilità direttamente correlata alla sicurezza del sistema Σ in termini di “safety & security”. Lungo il testo verranno studiate diverse applicazioni concrete a sistemi di trasporto o di altro tipo. Molte volte qualcuno confonde i sistemi di trasporto con i sistemi logistici, ma commette un grave errore.

I sistemi di trasporto hanno bisogno di basi logistiche per assolvere al loro compito ma non si risolvono o si riducono a trasporto e basta. Tutt'al più, la logistica è solo un sottosistema di qualsiasi sistema complesso e quindi anche del sistema dei trasporti così come lo è per gli altri sistemi a reti (energia, petrochimica, calcio, farmaceutici, cinema, comunicazioni, supermercati, informatiche ad es. Internet e/o reti informatiche proprietarie ecc.).

In termini di pratica aziendale, bisogna sempre aggiungere aspetti elementari di liberalizzazione quali la riduzione o l'eliminazione dei dazi doganali, il sostegno alle operazioni di import/export, accordi economici fra vari Paesi (unione monetaria ecc.). Così la logistica diventa un importante strumento di affermazione e di successo di una azienda. Di fatto le aziende di qualità si strutturano per rispettare l'ambiente ed il territorio dimostrando di essere dotata di flessibilità, di lavorare in sinergia ed in genere di essere dotata di una vera e propria “anima”.

LA LOGISTICA CLASSICA SECONDO LA SOCIETÀ “SOLE”

“La logistica è l'arte e la scienza dell'organizzazione, della progettazione e delle attività tecniche riguardanti i requisiti, la definizione, la fornitura e le risorse necessarie a supportare obiettivi, piani, operazioni”.

Questa è la definizione della logistica data dalla Società degli Ingegneri della Logistica (SOLE = Society of Logistics Engineers) nel 1974; è una definizione concettuale, non funzionale ma caratterizzata dalla più ampia applicabilità.

Secondo la SOLE, le aree di interesse della logistica comprendono:

- ⤴ Gli aspetti della progettazione tendenti a rendere economico il supporto di un sistema.
- ⤴ L'analisi, la sintesi e la definizione delle risorse necessarie per raggiungere un obiettivo e condurre una operazione.
- ⤴ La manutenzione.
- ⤴ L'addestramento del personale.
- ⤴ La fornitura e distribuzione delle risorse.
- ⤴ L'organizzazione, la pianificazione ed il controllo, in generale.

Nel linguaggio naturale corrente la parola “Logistica”, e quelle derivate, sono, generalmente, collegate con l'idea di sistemazione di persone e cose (similmente ad “alloggiamento”!). Ciò deriva dal significato attribuito inizialmente, nel 1900, a tale termine da Antoine Henri Jomini, studioso delle campagne napoleoniche, come: “*arte pratica di muovere gli eserciti*”, assicurandone il sostentamento, significato che, con alterne espansioni e contrazioni, è stato attribuito alla “Logistica” fino a pochi decenni fa, specie nel campo militare.

La definizione militare italiana classica della logistica è:

“Logistica è quella parte dell'attività militare che provvede alla definizione, alla raccolta o produzione, alla conservazione, alla distribuzione e all'efficienza degli elementi necessari alla vita e al combattimento delle Forze Armate”.

Dal campo militare, la logistica si è estesa ed allargata a quello industriale e commerciale prima di tutto negli Stati Uniti durante gli anni '60 del secolo scorso. Quindi ha migrato ed ha iniziata a diffondersi in Italia negli anni '70 dello stesso secolo. Gli aspetti più scientifici e matematici della logistica trovano, singolarmente, il proprio simbolo direttamente nel termine stesso, che esisteva fin dal tempo di Pitagora (logistikos = scienza teoretica del calcolo).

Soprattutto negli ultimi decenni, il significato di "logistica" ha subito una considerevole evoluzione, ma non è mai cambiata la *finalità della logistica*: lo scopo è *sempre rimasto e consistito nell'ottenere le risorse giuste al posto giusto, al momento giusto ed in condizioni di efficienza*.

Una definizione molto sintetica che la Società SOLE suggerisce è anche: **“La logistica è la scienza del supporto”**.

Da quanto indicato nella definizione della Associazione SOLE, la logistica odierna copre un campo di interessi ed applicazioni di eccezionale vastità, coinvolgendo, al limite, ogni figura manageriale dell'organizzazione in oggetto di analisi.

Una sommaria classificazione può essere usata per suddividere le problematiche della logistica in due branche principali:

- ✦ **La logistica industriale, commerciale e di sostentamento** (business logistics, project logistics, material flow logistics) che si occupa della organizzazione dei trasporti, della distribuzione di beni e materiali ecc.
- ✦ **l'ingegneria logistica**, che si occupa della progettazione del supporto logistico dei sistemi riparabili (satelliti, navicelle spaziali, reti di trasporto ferroviario, stradale, aeronautico ecc.).

La prima branca è quella più collegata concettualmente alla accezione originale di logistica, ma viene riconosciuta come tale solo nell'ambito militare, mentre nel resto della società umana viene trattata sotto altri nomi. La trattazione degli aspetti relativi ad essa non è prevista nella serie dei presenti volumi.

La seconda branca è quella di più recente e rapido sviluppo e raccoglie attualmente la maggioranza degli operatori che si riconoscono *“logistici”*.

Questo capitolo del libro è quindi dedicato a tutti gli ingegneri e tecnici della ingegneria logistica ed ai suoi operatori nei tre campi fondamentali terrestri, marino ed aeronautico/spaziale.

L'INGEGNERIA LOGISTICA

L'Ingegneria Logistica va intesa come quella branca dell'ingegneria che include direttamente tutti gli aspetti tecnici che normalmente vengono eseguiti dai tecnici ossia dai periti industriali e ingegneri di primo livello (primo livello di laurea o diploma di laurea). In altre parole, questo libro è indirizzato soprattutto a tutti e tre i livelli di laurea degli ingegneri oltre a essere designato pure per i periti industriali poiché l'impiego di matematica di alto livello universitario è ridotta al minimo. In appendice al libro oppure in un volumetto a parte, vengono sviluppati tutti gli elementi matematici (calcolo delle probabilità, statistica, teoria della affidabilità, della manutenibilità, teoria della sicurezza, dependability e/o RAMS, calcolo delle parti di ricambio ecc.). I modelli matematici moderni di logistica sfruttano modelli matematici e tecniche molto avanzate quali le reti neurali per la simulazione e l'acquisizione dei dati primari e l'elaborazione degli aspetti informativi avanzati. L'impiego di tecniche matematiche avanzate non finisce e non si esaurisce normalmente in questi strumenti citati. All'occorrenza, ogni strumento moderno e/o antico necessario allo sviluppo di soluzioni avanzate di problemi logistici verrà impiegato al meglio per il bene dell'ottimizzazione delle soluzioni.

Tuttavia, gli argomenti vengono trattati in modo da consentirne la comprensione a tutti i livelli di preparazione tecnico-ingegneristica,

Con queste premesse, la logistica ingegneristica è definibile come il settore della logistica che si occupa principalmente della progettazione del supporto logistico per sistemi riparabili.

In ogni caso si individua e ci si rende conto, anche se solo intuitivamente che la logistica è sostanzialmente un sottosistema della teoria ed ingegneria dei sistemi. La logistica è essa stessa “sistema” e come tale verrà spiegata e trattata sul lavoro e negli aspetti descrittivi ed informativi.

L'Ingegneria Logistica è un campo multidisciplinare comprendente principalmente la analisi e la sintesi (definizione) di sistemi di supporto logistico, la pianificazione della manutenzione dei sistemi riparabili, valutazioni di affidabilità e manutenibilità, il calcolo delle parti di rispetto, la definizione di strumentazione e attrezzatura di manutenzione.

Un sistema può essere considerato come un assieme di elementi strutturati in modo da realizzare una funzione progettata per soddisfare una precisa necessità.

Gli elementi di un sistema Σ (complesso ed operativo) includono (vedi Capitolo N° 2):

- ⤴ Il sistema primario.
- ⤴ Il relativo sistema di supporto logistico.

In ogni caso prima di analizzare i vari livelli di organizzazione di supporto logistico si ritiene necessario introdurre l'approccio per sistemi alla logistica.

L'approccio per sistemi alla logistica

La logistica è una branca della ingegneria dei sistemi che a sua volta è la applicazione tecnologica primaria della scienza dei sistemi. Quindi la logistica stessa è sistema.

Pertanto si inizia questo capitolo con accennare al concetto di sistema e brevemente alla nascita e al significato della scienza ed ingegneria dei sistemi applicata alla logistica. A sua volta la logistica è la base ed il fondamento della teoria dei trasporti e della navigazione (terrestre, aerea e marina).

In breve la teoria dei sistemi nasce negli anni '30 del secolo scorso da una elaborazione e riflessione del biologo Ludwig von Bertalanffy che ne è considerato il fondatore. Si tratta di un nuovo approccio scientifico che deriva dalla sintesi di diverse scienze che vanno dalla fisica, alla biologia, dalle neuroscienze alla cibernetica (di primo e di secondo livello), dalla ingegneria alle scienze sociali ad altre forme avanzate di ingegneria moderna. L'approccio per sistemi ha consentito a studiosi di tutti i tipi di adottare un linguaggio comune. I “Sistemi” vanno dal microcosmo (atomi e particelle elementari), ai sistemi stellari, agli organismi vegetali ed animali, dai gruppi alle organizzazioni e gli stati (Bertalanffy, 1956). I sistemi sono di due tipi: naturali e artificiali o artefatti.

Una delle definizioni di sistema più accreditate è: un *sistema concreto è una concentrazione non casuale di materia-energia-informazione in una regione dello spazio-tempo fisico, organizzata in sottosistemi, apparti, unità, moduli o componenti, interagenti e interdipendenti.*

Il processo di interazione tra le parti è definito come “organizzazione” (Ludwig Von Bertalanffy).

I sistemi possono essere semplici, complicati e complessi. Il più semplice elemento di caratterizzazione del livello di complessità è fornito dal numero di parti componenti elementari. Inoltre, all'interno del “sistema” esistono o devono esistere diversi e vari livelli di assemblaggio o come si suole dire di “intendimento” dalla parola “inglese “indenture”. Ogni sistema quindi è costituito da un primo livello di “intendere” ossia della conoscenza dell'assemblaggio più basso costruito con diversi o almeno due sottosistemi. A loro volta, i sottosistemi sono costituiti di apparati e normalmente sono di tipo diverso. Ogni apparato è costituito da una o più unità ed ogni unità è costituita da uno o più moduli: ogni modulo costituito da parti componenti, normalmente elementari.

Non basta quindi avere una mangiata o un gruppo di componenti elementari per costruire un sistema artefatto, è necessario che vi siano delle regole e delle leggi che legano tra di loro le parti componenti in modo da costruire il sistema.

Per i sistemi artefatti, si usa normalmente tenere in conto un'altra regola principale, la seconda, quella della ridondanza ossia della esistenza di sottosistemi (o apparati o unità o moduli o parti componenti elementari) ridondanti che ne migliorino la affidabilità, la efficienza e, in genere le prestazioni tecniche del sistema.

Ciò premesso l'idea di complessità è implicita nel concetto di sistema e di approccio sistemico. Implica un sistema di *relazioni tra l'oggetto indagato e l'osservatore*.

Elementi caratterizzanti la complessità sono la varietà degli elementi del sistema, la variabilità delle loro relazioni, la qualità delle relazioni tra il sistema e l'ambiente e la varietà delle caratteristiche del sistema non riscontrabili nei suoi elementi.

Esiste quindi una differenza sostanziale tra sistemi e insiemi. Ad esempio la classe dei calciatori è un insieme che non necessariamente fa "sistema": lo stesso può dirsi per la classe dei musicisti oppure per gli animali. Se si vuole considerarli un "sistema" allora non può che essere considerato un sistema semplice.

La complessità è la caratteristica principale del mondo che ci circonda ma lo è anche per la logistica. Per essere complesso un sistema naturale come anche un prodotto artificiale dell'attività umana (un artefatto), al minimo deve includere i seguenti aspetti:

- ^ Alto numero di elementi (parti componenti, moduli, unità, apparati, sottosistemi ed infine il sistema, ad esempio un alto numero di automobili, di aerei o di navi ecc.).
- ^
- ^ Interazioni lineari e non lineari fra i suddetti elementi (squadra di aerei correlati fra di loro a formare sistema, rete di treni o di automobili da trasporto, squadre di navi da trasporto ecc.).
- ^ Effetti ritardati.
- ^ *Reazioni (feedback)* negative e positive (squadre di aerei da trasporto che reagiscono fra di loro mediante uno o più "loop").
- ^ Una eventuale struttura a rete (di treni, di camoin, di navi ecc.), ma anche di altro genere purché si abbia una struttura.
- ^ Un sotto-sistema in interazione col suo ambiente esterno (fattori ambientali che influenzano il sistema).
- ^ Non essere necessariamente e completamente descrivibile.
- ^ Non essere necessariamente completamente controllabile.
Auto-organizzazione e autopoiesi (se possibile).
- ^

Una altra ben nota classificazione dei sistemi, da semplici a complessi (adattata da Boulding) è la seguente:

Schemi: strutture statiche (ad es. disposizione di atomi in un cristallo)

Meccanismi: sistemi dinamici semplici con moto predeterminato (ad es. carrello di aereo)

Sistemi cibernetici: capaci di *autoregolazione* secondo un criterio prescritto dall'esterno (ad es. pilota automatico di un aereo anche telecomandato ecc.)

Sistemi aperti: capaci di auto-mantenimento sulla base dell'utilizzo di risorse ambientali (ad es. sottosistema di controllo delle temperature di un treno, di un aereo ecc.)

Sistemi ad immagine interna: capaci di percezione dettagliata dell'ambiente (ad es. sottosistema di visione notturna di aerei supersonici, satelliti ecc.)

Sistemi che trattano simboli: possiedono coscienza e sono capaci di utilizzare un linguaggio (ad es. autopilota, apparati e dispositivi di monitoraggio di navigazione ecc.)

Sistemi sociali: formati da soggetti al livello precedente, con un ordine sociale e una cultura comuni; ad esempio processo per la fabbricazione di automobili, aeroporto, porti ecc.

Lungo l'analisi che si tenta di eseguire in questo capitolo si adotterà il modello semplice di sistema definito "input-output" che, in altro paragrafo, viene messo a paragone con il modello informativo di "sistema" includente, la struttura, le caratteristiche identificative del sistema e la variabilità dello stesso.

Uno degli elementi caratteristici dei sistemi è certamente l'informazione e la comunicazione, che richiede de una breve digressione sulla trasmissione dell'informazione ovviamente all'interno del sistema.

Sorvolando sulla definizione di informazione si passa subito alla "teoria del codice":

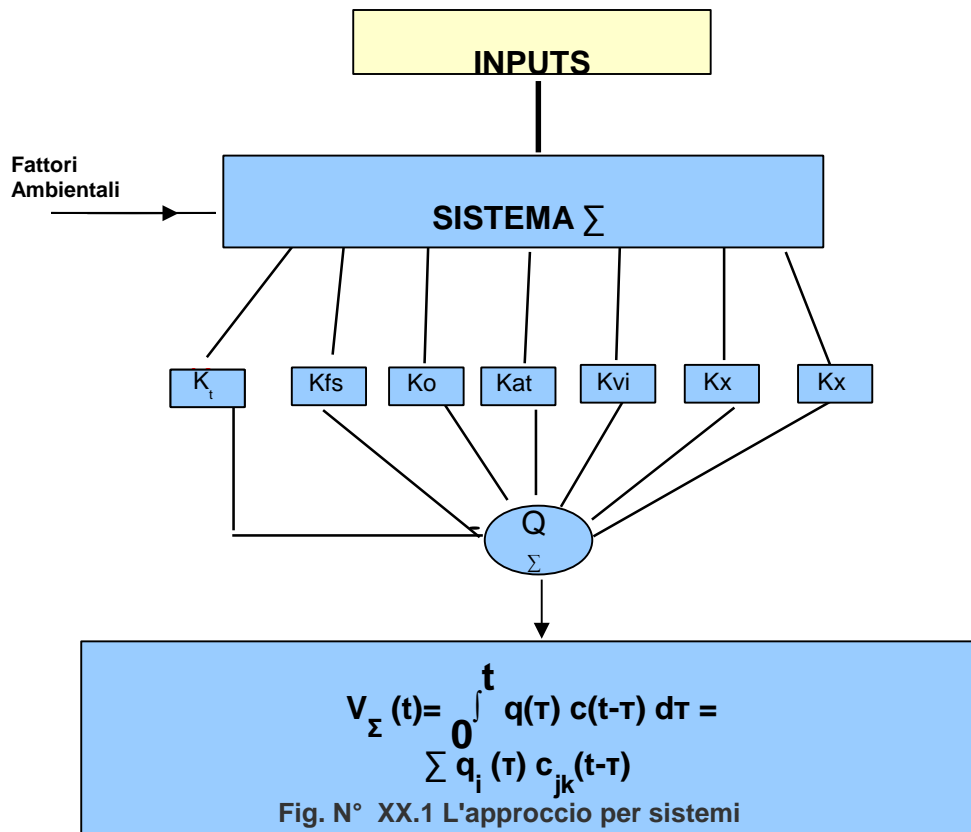
- ⤴ Comunicare significa codificare e decodificare informazione. Il significato di un messaggio è stabilito a priori, autori Shannon e Weaver. ⤴ Teorie vero-condizionali
- ⤴ Teorie inferenziali:
- ⤴ Comunicare significa costruire un significato insieme al proprio interlocutore, nessun significato è stabilito a priori, Grice e Searle.

La applicazione della teoria dell'informazione ai sistemi conduce ad alcuni assurdi quando si attuano le teorie dei codici il cui alfabeto deve essere noto al trasmettitore ed al ricevitore. Cosa implica, nel caso di una cellula, che il significato del messaggio debba essere stabilito a priori. Ha questo senso? Oppure, si deve costruire un significato assieme all'interlocutore? Oppure ancora nel caso di una singola cellula, sorgente e destinatario non sono forse coincidenti?

Questo tipo di approccio può essere generalizzato a sistemi complessi ed artefatti come impianti nucleari in modo da mettere in evidenza tutti gli aspetti possibili di sistema dell'impianto stesso, dai sottosistemi, agli apparati, dalle unità ai moduli ed infine ai componenti elementari e le loro difficili e complesse relazioni.

La moderna teoria dei sistemi ha dato luogo ad una metodologia cosiddetta dei sistemi (sistemistica) che si basa sulla universalità delle caratteristiche fra sistemi. La necessità di sviluppare sorgenti di alta energia, trasporti rapidi, materiali nuovi, così come sistemi di comunicazione planetari, ha portato alla condizione di una forte inter-dipendenza tra materiali, apparati, uomini, laddove prima le relazioni erano fondate su basi del tutto indipendenti. In particolare si tenta di applicare, entro certi limiti, la struttura della metodologia dei sistemi (metodi statistici di calcoli di sicurezza, modelli matematici (Monte-Carlo), simulazione) a problemi di pianificazione della sicurezza di sistemi nucleari. L'approccio sistemico della risoluzione di un problema di trasporti, così come per la progettazione di un aereo, costituisce sostanzialmente una visione globale delle idee che sono comuni al successo operativo delle parti indipendenti e dell'intero sistema.

. Nella Fig. N° 1.4 si presenta quindi il modello input-output della centrale nucleare, avendo debitamente definito con la legenda i vari parametri considerati:



LEGENDA:

- t = tempo
- fs = flessibilità
- on = capacità operativa n = 1,2,...,N
- at = attrattiva m = 1,2,...,M
- vi = prestazioni di vita i = 1,2,...,I
- xj = prestazioni funzionali j = 1,2,...,J
- ck = costi (4M) k = 1,2,...,K

Parametri

- k = fattore di peso di qualità
- QΣ = Qualità del Sistema Σ [rete di satelliti di comunicazione (ad es. sistema GPS Galileo), nave o squadre di navi, aereo o squadre di aerei, Università e/o Higher Education Institution (HEI), reti di Centrali Nucleari Reti di treni ecc.].

Il successo operativo del sistema globale è l'obiettivo primario del sistema stesso e quindi della metodologia da applicare. Pertanto, sebbene parti individuali (barre di combustibile nucleare, ecc.) possono in particolari intervalli di tempo essere operativi nella maniera più efficace, dal punto di vista globale e di compromesso bilanciato del sistema, il funzionamento di esso ad un particolare istante potrebbe essere incompatibile con le richieste globali per l'intero periodo di interesse

Ulteriori Requisiti di Progettazione di un Sistema AvionicoAerospaziale

Le specifiche tecniche di *ingresso* alla progettazione includono al minimo:



- ▲ **1. Aspetti manageriali:**

- ♣ Sistema manageriale (sistema di gestione) ♣ Buone pratiche di ingegneria.

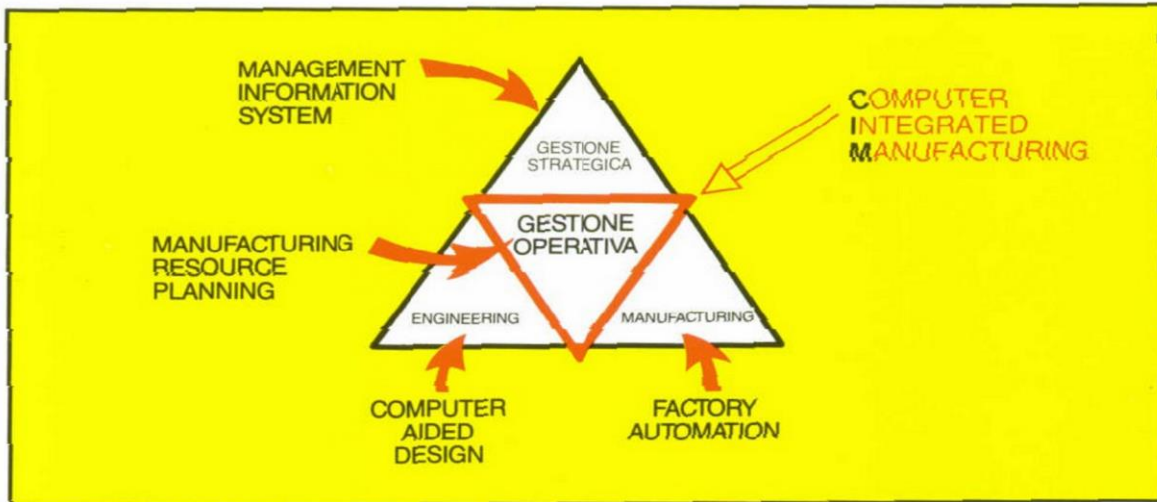


Fig. N° XX.2 Schema manageriale

2. Aspetti di sicurezza (con eventuali aggiunte di security)

- ♣ Stima e valutazione di sicurezza
- ♣ Requisiti di difesa in profondità
- ♣ Esperienza operativa e ricerca sulla sicurezza
- ♣ Prevenzione di incidenti e caratteristiche di sicurezza dell'impianto
- ♣ Classificazione dei livelli di sicurezza
- ♣ Protezione dalla radiazione e criteri di accettazione.

3. Basi generali di progettazione

- Progetto della sistema, struttura, sottosistemi e parti componenti con fine di raggiungere la massima affidabilità
- Progettazione della disponibilità, manutenibilità e dei criteri di riparazione
 - ♣ Qualificazione degli apparati, delle unità, dei moduli e delle parti componenti
 - ♣ Prove di affidabilità e prove di vita delle unità, dei moduli e delle parti componenti.

4. Progetto ergonomico

Fattori umani

Ingegneria ed affidabilità umana (del personale e di eventuali ospiti e di intrusi).

5. Progetto e realizzazione dei sistemi di contenimento

Materiali fissili oppure radioattivi

Trasporto e imballaggio (packing) e imballo protettivo (packaging) dei combustibili e delle scorie radioattive

Predisposizioni di vie di fuga e mezzi di comunicazione e controllo controllo degli accessi.

6. Interazione fra i vari sottosistemi, apparati, unità, moduli e componenti

1. Interazione ed interferenze elettriche, magnetiche ed elettromagnetiche fra la rete elettrica di potenza e l'impianto nucleare
 2. Condivisione e suddivisione (del carico di lavoro) fra le varie, strutture, sottosistemi, apparati, unità, moduli e componenti
7. **Impianti impiegati** per la cogenerazione, la generazione di calore e/o la desalinizzazione.
8. **Decommissioning** (smantellamento degli impianti logistici ma anche dei sistemi primari, normalmente per raggiunti limiti di età).
9. **Fattori Ambientali**
- Aspetti geotecnica
 - Effetti sismici
 - Effetti metereologici
 - Effetto di tornado, tempeste, inondazioni, temporali ecc.
 - Fattori ambientali classici (temperatura, umidità, pressione, radiazione solare, pioggia , vento ecc.)
10. **Prestazioni Funzionali**
- ◆ Rispetto dei 10 principi di sicurezza (Requisiti Governativi e Giuridici per le infrastrutture, la gestione e trasporto di apparati, dispositivi ecc.;
 - Rispetto degli standard di sicurezza ;
 - Capacità di gestione sistemica (gestione manageriale della sistema primario sino alla gestione dei rifiuti da smaltire ecc.);
 - Valutazione dei siti (ad es. campi di aviazione, stazioni di treni, porti per navi ecc.)
 - Protezione dalla radiazione di ogni tipo;
 - Preparazione e competenza dei valutatori (staff organizzativo e manageriale di gestione dell'impianto);
 - Aggiornamento progettuale su teorie e metodologie pratiche;
 - Gestione delle sorgenti radioattive e delle relative scorie con giudizio autonomo;
 - Gestione emergenza nucleare e radioattiva (prontezza di risposta e preparazione);
 - Decommissioning
 - Sicurezza dei trasporti di materiale da smaltire;
 - Progetti del Sistema Avionico (software e codici, stime e verifiche di sicurezza, controllo strumenti, progetto di depositi e centri di manutenzione per componenti;
 - Sviluppo e valutazione dei processi di ricerca operativa;
 - Valutazione degli Ispettori di qualità e di sicurezza (con standard di sicurezza);
 - Sicurezza operativa (sicurezza antincendio, organizzazione delle operazioni, gestione del nocciolo e delle barre di combustibile, revisione periodica, anti-intrusione, antisabotaggio, anti-terrorismo, ciclo di azione correttiva ecc.);
 - Ciclo di combustibile e relative "facilities";
 - Standard di sicurezza per reattori di ricerca;
 - Gestione dei problemi vicino al sito del deposito di scorie radioattive:
 - Documentazione di sicurezza sufficiente
 - Indici di qualità (Descrittori di Dublino ecc.)
 - Trasparenza e chiarezza delle prestazioni tecniche.

SUPPORTO LOGISTICO INTEGRATO

Prestazioni di vita

- Durabilità della CN
- Affidabilità della CN
- Mantenibilità - disponibilità della CN
- Sicurezza/controllo (criticality of safety/security: programma e piano di sicurezza con sviluppo delle singole fasi.
- Dependability della CN

Attrattive

- Stile e architettura del sistema
- Estetica della CN inserita nel panorama locale
- Aiuti e supporto vari
- Metodi e strumenti

Capacità operative

- Accessibilità al sistema per manutenzione
- Mobilità
- Fattori umani (esterni che possono produrre e/o indurre guasti in relazione alla valutazione del sito ecc.
- Benchmarking (valutazione comparativa) - Livello di "security".

Come detto, per "sistema" si intende un insieme di relazioni fra elementi, aventi una propria struttura, e cioè un complesso di regole che stabiliscono le condizioni di:

- 1) settori o aree di impiego,
- 2) processi di utilizzazione,
- 3) applicazione del sistema,
- 4) affidabilità, disponibilità e manutenibilità (dependability) del sistema, 5) modifica, rinnovamento ed espansione del sistema.

Delle caratteristiche di un sistema si può parlare a lungo e si accenneranno i concetti fondamentali in un capitolo successivo, dove si tratterà ampiamente delle condizioni di affidabilità, di manutenibilità e standardizzazione di un sistema (CN).

Normalmente la maniera più semplice per rappresentare un sistema è data dall'impiego del modello a scatola nera (Black Box). Si tratta del modello più semplice ed elementare possibile anche se, alcune volte, risulta abbastanza rozzo.

Modelli di sistema

Uno dei modelli di sistema meno noti ma molto più generale è stato proposto alcuni decenni or sono dal Harold (Hal) Chestnut in un numero di "Men, Machine and Cybernetics". Sfruttando questo modello iniziale lo scrivente ha sviluppato la teoria del valore e qualità dei sistemi.

Un sistema secondo Hal, può essere descritto da:

- *Struttura*: nel caso di un palazzo è la struttura edile, in genere rappresentato con una "struttura matematica", a livello molecolare si tratta di strutture non lineari, in caso sociale è la mente collettiva, misurabile per es. con il numero di neuroni ecc.
- *Le sue proprietà distintive*: ossia le proprietà che lo distinguono dagli altri sistemi, ad esempio per le molecole secondo la classificazione di CAS (Chemical Abstract, punto di ebollizione, indice rifrattivo, potenza ottica rotante, densità e/o proprietà che possono essere calcolate quali il fattore di bio-concentrazione, punto di ebollizione, entalpia di vaporizzazione, punto di "flash", legami liberi rotanti, LogD (logaritmo dei coefficienti di ripartizione fra ottanolo e acqua ad un dato pH per una miscela di forme neutre o ioniche

di composto, $\log P$ (lo stesso di $\log D$ per forma neutra di un composto), peso molecolare, solubilità molare, numero di donatori idrogeno, numero di accettori idrogeni, assorbimento di carbone organico (K_{oc}), pK_a , Pressione di vapore ecc.); inoltre si potrebbe parlare di proprietà globale quali ad esempio in termini di obiettivi del tipo apprendimento, memoria, capacità di generalizzazione e previsione anche per la flessibilità, l'adattabilità alle variazioni ambientali e la creatività).

- La *variabilità*: delle proprietà e della struttura così come delle loro relazioni (sinergia, gerarchia ecc.) con lo scambio di informazione che può essere incoerente, aleatorio, spesso imperfetto ma sempre codificato e anche ritardato nel tempo).

Per costruzione, si deduce che a questo modello generalizzato di sistema non si può applicare la matematica (meccanica quantistica classica) basata sulla funzione Hamiltoniana di tipo potenziale, lineare e locale. Il sistema descritto con il modello generalizzato informativo impone, per la sua descrizione, che, almeno nell'esempio e casi dei sistemi quantistici, si deve applicare una matematica non potenziale, non lineare, non locale, Non Hamiltoniana ecc. Applicando questi concetti alla "qualità", si perviene, in altri termini, a proporre il un nuovo paradigma di qualità.

1. Sottosistema in cui avvengono le interazioni organizzative e i cambiamenti di stato dei vari sotto-sotto-sistemi che, comunque, soggiacciono alle leggi della termodinamica: sottosistema di realizzazione del prodotto (acquisizione componenti e sottosistemi oltre a ricerca).
2. Sottosistema dove vengono eseguite le istruzioni del "top management" (direttore di Impianto ecc.) da parte di elementi ed unità operative fondamentali (assistenti, controllori, operai, e quanto altro che trasforma energia in informazione: sottosistema per la realizzazione della Responsabilità della Direzione.
3. Sottosistema per la gestione delle risorse quali i finanziamenti, le relazioni con le banche, la direzione del personale universitario tutto, la gestione degli stabilimenti universitari (aule, biblioteca, giardini, sala controllo, laboratori di prova e di ricerca ecc.).
4. Sottosistema per la valutazione della qualità di lavoro del personale con impiego di metodi e tecniche di analisi, elaborazioni di tutti i tipi di dati e informazioni operative, ed impiego delle relative misure con strumenti appropriati e/o tecniche di misura e valutazione sviluppate ad hoc (statistiche, i 7 strumenti ecc.) e quindi, per completare, l'impiego dei dati ed informazioni su ricavate al fine di elaborare metodi, strumenti e rapporti di miglioramento della qualità operativa.

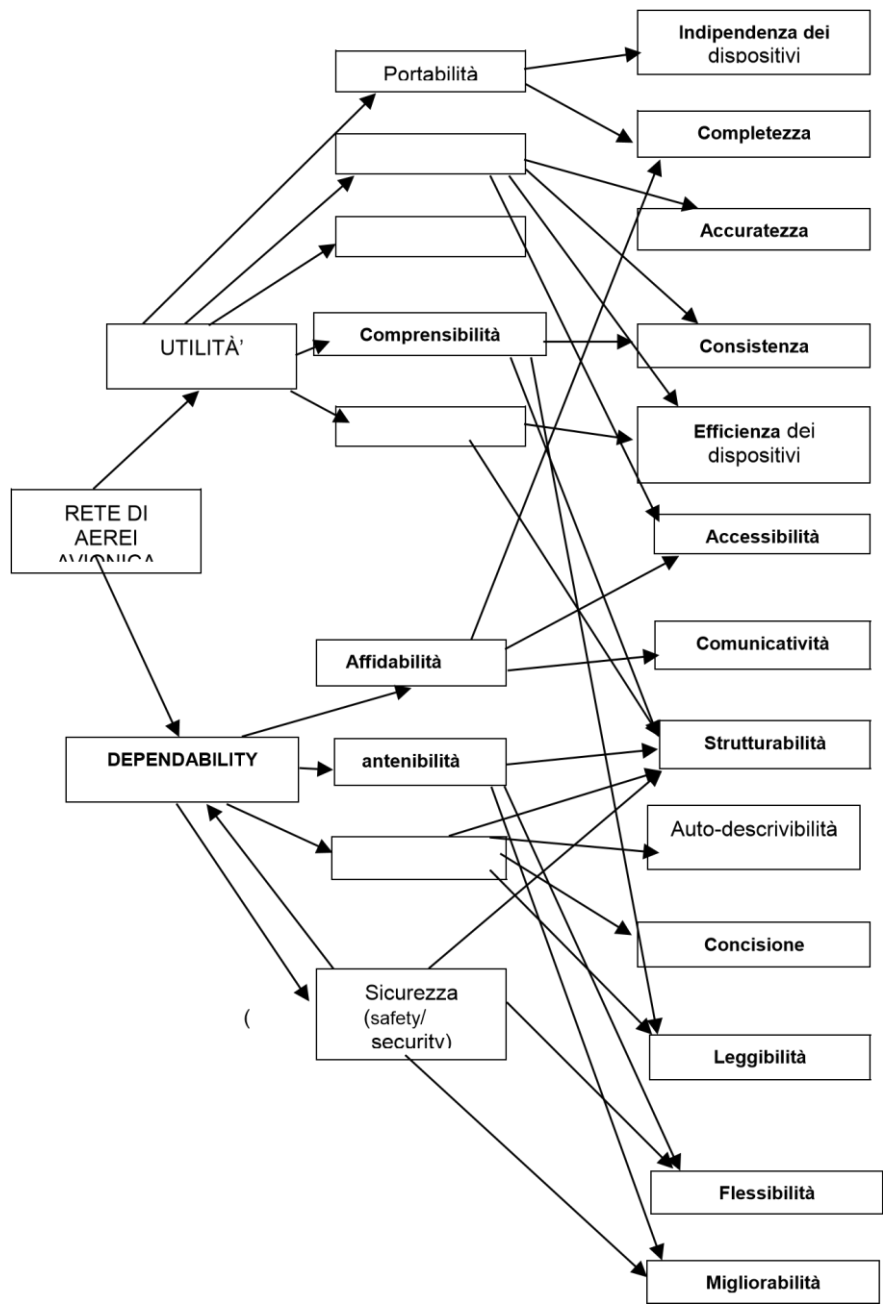


Fig. N° XX.3 Albero dell'Architettura delle Caratteristiche (...ilities) di SISTEMA

Concetto di “sotto-sistema”

Si rappresenta lo schema a blocchi del sistema, basandosi ad es. sui concetto di sistema basato sul calcolatore di Won Newmann e facendo riferimento al concetto di sottosistema ausiliario ridondante al fine di migliorare e garantire la affidabilità globale di sistema.

Legenda:
SOTTOSISTEMA AUSILIARIO S = Sottosistema ridondante

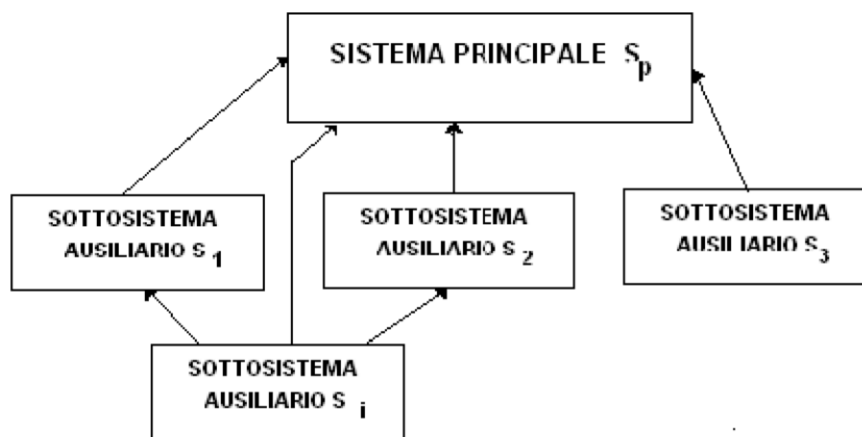


Fig. II^c XX.4 Schema di sistema Primario e sottosistemi ausiliari (ridondanti)

Di primo acchito, sembrerebbe forse limitativo suddividere il sistema qualità operativa in soli quattro sottosistemi anche se la classificazione è interessante. Dal punto di vista puramente “qualitativo”, il quarto sottosistema è quello più importante e lascia perplessi a causa della la definizione del processo di “trasformazione di energia in informazione”. Non si può, fisicamente, asserire questa frase di trasformazione poiché le *due grandezze fisiche in causa (energia e informazione) non omogenee. In qualche maniera la conservazione dell’energia deve tenere, e bisogna muovere o fare reagire qualcosa* (i costituenti elementari energetici, informatici e formativi: dirigenti e personale operativi) *per trasformare la distribuzione di energia e quindi creare la informazione in termini di complessioni di acquisizione di informazioni e/o distribuzione di stati di acquisizione di conoscenze.*

Si può tentare di applicare il concetto di sistema scherzosamente su rappresentato per individuare più di quattro sottosistemi e forse tanti altri sotto-sotto-sistemi (unità, moduli, dispositivi e unità operative elementari).

Comunque, in attesa di uno sviluppo ulteriore di sistema Σ_α , si può asserire che: eseguire le istruzioni operative significa costruire unità, moduli, sotto-sottosistemi, sottosistemi e sistemi complessi, organizzarli, mantenerli in assetto, considerando che queste operazioni sono altamente “energy consuming”. Le nuove configurazioni (per es. sala operativa, sistema qualità interno, ed esterno ecc.) che così vengono create costituiscono il complesso energainformazione operativo. Le leggi della termodinamica continuano a rimanere valide ed applicabili al caso operativo in esame. In altre parole ogni cambiamento di configurazione operativa (si pensi al cambiamento di squadra operativa nel quarto reattore di Chernobil) necessita apporto di energia al fine di ottenere una nuova configurazione e quindi variazione di informazione (e se si vuole anche variazione di entropia informativa): errore di applicazione di procedure interne di gestione del reattore.

Lo schema teoria di valutazione

La teoria delle valutazioni della qualità dei sistemi viene comunemente applicata nei normali processi di certificazione della qualità aziendale impiegando dei metodi semplici di valutazione che si riducono alla giusta compilazione di moduli e formati prefissati da parte di ispettori che svolgono l’attività di valutazione a tutti i livelli organizzativi. Questi processi vengono eseguiti attuando dei semplici procedimenti di giudizi di valore opportunamente pesati per mezzo di regole elementari di combinazione normalmente lineare.

In realtà sussistono molti diversi schemi di valutazione che assegnano punteggi (rating) diversi che alcune volte sono dotati di un sensibile livello di variabilità e di soggettività del valutatore.

Un tentativo di sistematizzazione dei processi di valutazione con la costruzione di un modello matematico efficiente è stato elaborato da Giuseppe Quartieri (Rif. N°1) per valutare il rapporto qualità-valore di un sistema da punto di vista generale. Senza volere entrare nella elaborazione teorica di questa teoria di valutazione dei sistemi complessi, si nota che essa propone una metrica teorica complessa la cui sintesi è riportata nella Fig. N° 1.4 di questo capitolo che rappresenta l'approccio sistemico informativo globale alla procedura di valutazione includente gli aspetti e parametri di ingresso, i fattori ambientali esterni applicati, la struttura del sistema e le prestazioni di uscita nella loro variabilità. Seguendo la procedura, passo dopo passo, si possono costruire le tavole di valutazione e sviluppare i formati compilati impiegando, se del caso, le migliori e più note agenzie di Certificazione di terza parte (CTP) ed eventualmente di accreditamento.

In breve, il modello adottato in questo contesto per la valutazione del punteggio del sistema in esame è costituito da:

1. Il modello standard input-output che è praticabile solo entro certi limiti.
2. Il modello *informativo* model [Giuseppe Quartieri Rif. N°1, Fig. N° 1.4] riassunto nelle seguenti equazioni:

$$V_{\Sigma}(\tau) = \int_0^{\tau} q(t)c(t-\tau)dt$$

dove:

$$q(t) = E[I] = - \sum_{r=1}^n p_r \log p_r (I_r)$$

$q(t)$ è la speranza matematica dell'informazione "I" sulla qualità del sistema Σ , mentre c è il costo del singolo elemento di qualità, se c è negativo allora significa "costo di non-qualità" (disqualità).

La Teoria Generale dei Sistemi (TGS) si propone di congiungere molte aree diverse della conoscenza dalla fisica alla biologia, dalla elettronica alla ingegneria meccanica, dalle scienze comportamentali alla gestione manageriale, dalla matematica alle scienze del calcolatore ecc. Tutti questi campi del sapere forniscono le basi per una nuova scienza interdisciplinare nel campo della scienza dei sistemi (nucleari, aerospaziali, navali, terrestri ecc.), della cibernetica, della bionica, dell'ingegneria umana e ricerca operativa. La visione e l'unificazione dei concetti affrontata dalla scienza dei sistemi consente di sbrogliare gli annosi problemi della emergenza, del dilagare dell'aumento di complessità mediante progetti di sistemi artefatti uomo-macchina complessi e ben architettati. In questo ambito si inserisce e lavora la scienza e l'ingegneria dei sistemi che, in fin dei conti, è diventata la metodologia per eccellenza per i grandi progetti di grandi sistemi complessi ed artefatti.

Alcuni autori definiscono il campo della scienza ed ingegneria dei sistemi come la "realizzazione creativa e la manutenzione di strutture efficaci per rendere operative e funzionanti i sistemi (uomo-macchina) complessi. Essa - la scienza e l'ingegneria dei sistemi - contribuisce alla realizzazione dei sistemi (aerospaziali, nucleari, telecomunicazione ecc.) nel mondo reale fornendo l'assetto unificante diverse (e tante) discipline. Di conseguenza, la scienza ed ingegneria dei sistemi ha bisogno di aiuto da parte di molte altre discipline - sorelle - tra le quali spicca, senz'altro, la bio-cibernetica in cui lo studio del controllo e dell'organizzazione dei sistemi biologici ha fornito concetti per migliorare il progetto di sistemi uomo-macchina complessi artefatti.

Negli ultimi sei decenni, scienza ingegneria dei sistemi hanno fatto progressi enormi coprendo aspetti socio biologici, socio ecologici (oncologia) rivolti, in particolare, alle questioni ambientali (meteorologia ecc.) condizionate dagli aspetti economici e di politica economica. Da von Bertallafy a tanti altri autori, sul concetto di ingegneria dei sistemi sono state sviluppate molte definizioni concise di cui bisogna sempre tenere presente nei vari contesti. Ad esempio, la

definizione di Warfield a Hall riporta: il termine ingegneria dei sistemi è stato scelto come base per strutturare l'approccio e incorporare la metodologia.

La inclusione del termine "ingegneria" presenta vantaggi e svantaggi. Il primo beneficio è offerto dal fatto che la introduzione della parola "ingegneria" è garanzia di realizzazione concreta e di applicazioni e non solo di studio di un problema.

Lo svantaggio più importante è invece presentato dalla potenziale limitazione che il termine "ingegneria" porta con sé poiché si potrebbe dedurre che il fare "ingegneria dei sistemi" dovrebbe essere solo "appannaggio" dei "laureati in ingegneria", mentre ciò non è affatto vero. Tutto al contrario, si asserisce fortemente che non è intenzione dell'ingegneria dei sistemi limitarsi alla pratica tipica degli ingegneri.

In generale quindi, per la maggior parte degli autori nel campo, si può definire la ingegneria dei sistemi come la ingegneria gestionale, la direzione, il controllo e lo sforzo tecnico applicato all'intero sistema per accertare e mantenere l'integrità totale e l'integrazione del sistema oggetto in relazione alla configurazione del progetto, alle varie prestazioni di vita (affidabilità, mantenibilità, sicurezza ecc.), ed in generale, alla prestazioni tecniche.

Per altri autori (Hal, Antonio Ruberti ecc.) l'ingegneria dei sistemi consiste di applicazioni dei metodi scientifici nella integrazione della fattibilità, definizione, progetto, pianificazione, sviluppo, prove di qualifica e convalida, realizzazione di prototipi, produzione e valutazione dei sistemi. L'ingegneria dei sistemi include e copre tutta una serie di concetti e termini quali "approccio per sistemi, analisi funzionale dei sistemi, analisi di affidabilità dei sistemi, analisi dei compiti/azioni e degli effetti, analisi di mantenibilità (RAMS o dependability analysis) e di sicurezza oltre ad analisi operativa. In altre parole, la scienza e l'ingegneria dei sistemi si propone di costruire un sistema totale coerente in grado di raggiungere gli obiettivi prefissati e soddisfare i requisiti posti quando il sistema è condizionato da vincoli fisici, chimici, ambientali ed economici.

Il processo di ingegneria dei sistemi è schematizzato nella Fig. N° 4.2 di seguito riportata:

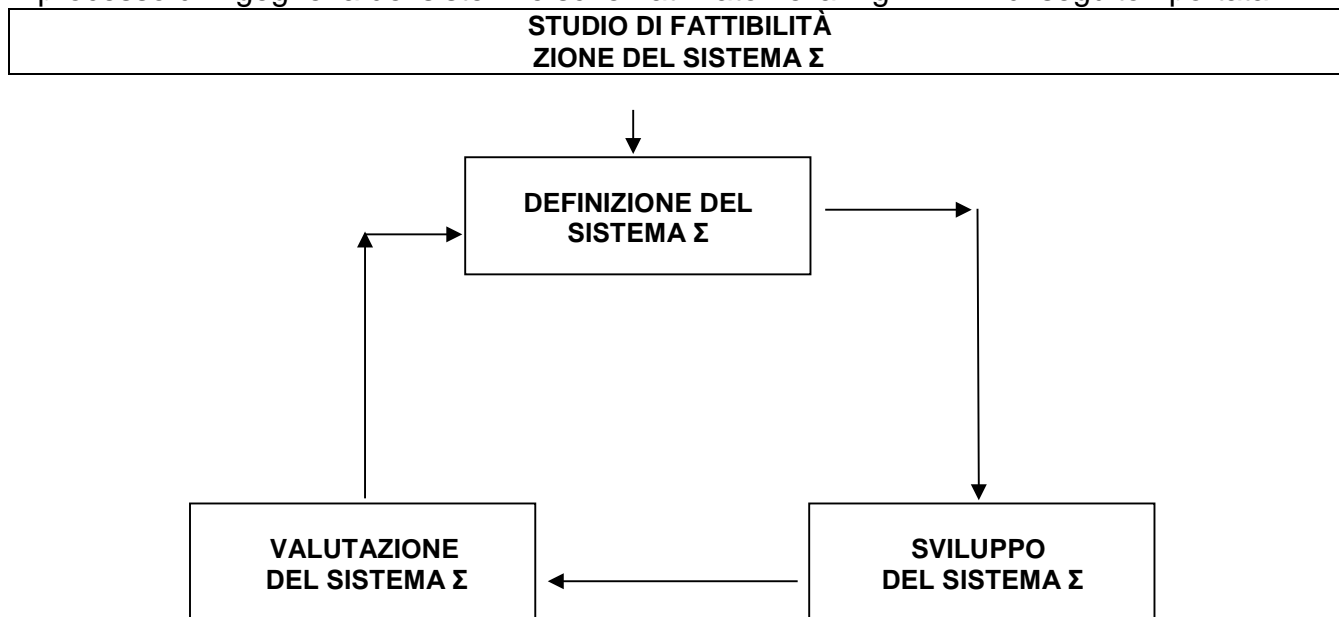


Fig. N° XX.5 Processo schematico di ingegneria dei sistemi

Si individuano alcune fasi fondamentali del processo di ingegneria dei sistemi.

- *Lo studio di fattibilità del sistema Σ* eseguito appunto per definire se i requisiti del sistema sono reali e concretamente raggiungibili e non violano leggi naturali essenziali quali le leggi di fisica oppure di chimica ecc.
- *La fase di definizione del sistema* che serve a specificare le caratteristiche del sistema Σ , ossia ciò che il sistema deve fare, gli attributi e le relazioni funzionali tra i componenti e il loro progetto basilare.
- *La fase di sviluppo del sistema Σ* col la finalizzazione del progetto di sistema Σ , la sua pianificazione e l'attuazione del processo di sviluppo con la realizzazione del sistema Σ nel rispetto dei requisiti tecnici ed ambientali, di vita, di costo ecc.
- *La fase di qualificazione tecnica e funzionale del sistema Σ* in cui il sistema viene assoggettato alle prove funzionali, ambientali e di vita (RAM) previste.
- *La fase di prototipale prima dell'innesco della produzione.*
- *La fase di produzione vera e propria.*
- *La fase di valutazione operativa durante la quale si osserva il comportamento del sistema Σ* , si paragonano i risultati ottenuti con le prestazioni richieste e si raccomandano i criteri, i metodi e le prove da eseguire per potere realizzare il miglioramento durante tutto il ciclo di vita del sistema Σ .
- *La fase di messa in operazione e di supporto logistico del sistema Σ .*

La fase di analisi del sistema è spalmata a vari livelli e a varia intensità sulle prime fasi del programma di attività su riportato brevemente. Le attività di analisi di sistema sono molteplici e, in breve, possono essere riassunte con la seguente lista:

Tab. N° 2.2 Attività di Analisi e Piano di sicurezza

Analisi di Sistema:

Analisi Funzionale;

Analisi Modale;

Analisi di Vulnerabilità;

Analisi del Rischio (includendo tecniche quali: **PHA** (Preliminary Hazard Analysis, **PHRA** (Preliminary Hazard and Risk Analysis), **PRA** (Probabilistic Risk Assessment));

Analisi delle radiazioni e dei settori;

Analisi di protezione da fattori e sollecitazioni ambientali;

Analisi Radiazioni Elettromagnetiche;

Analisi dell'efficacia dei sistemi;

Analisi Termica;

Analisi Strutturale Dinamica;

Analisi dei carichi e delle sollecitazioni;

Analisi del BITE e progettazione della autodiagnostica;

Analisi della "Testability";

FMEA/FMECA **CDDM** (Cause-Consequence Diagram Method);

Fault Tree Analysis (FTA, Analisi dell'albero dei guasti), **CQTM** (Consequence Tree Method), **CTM** (Cause Tree Method);

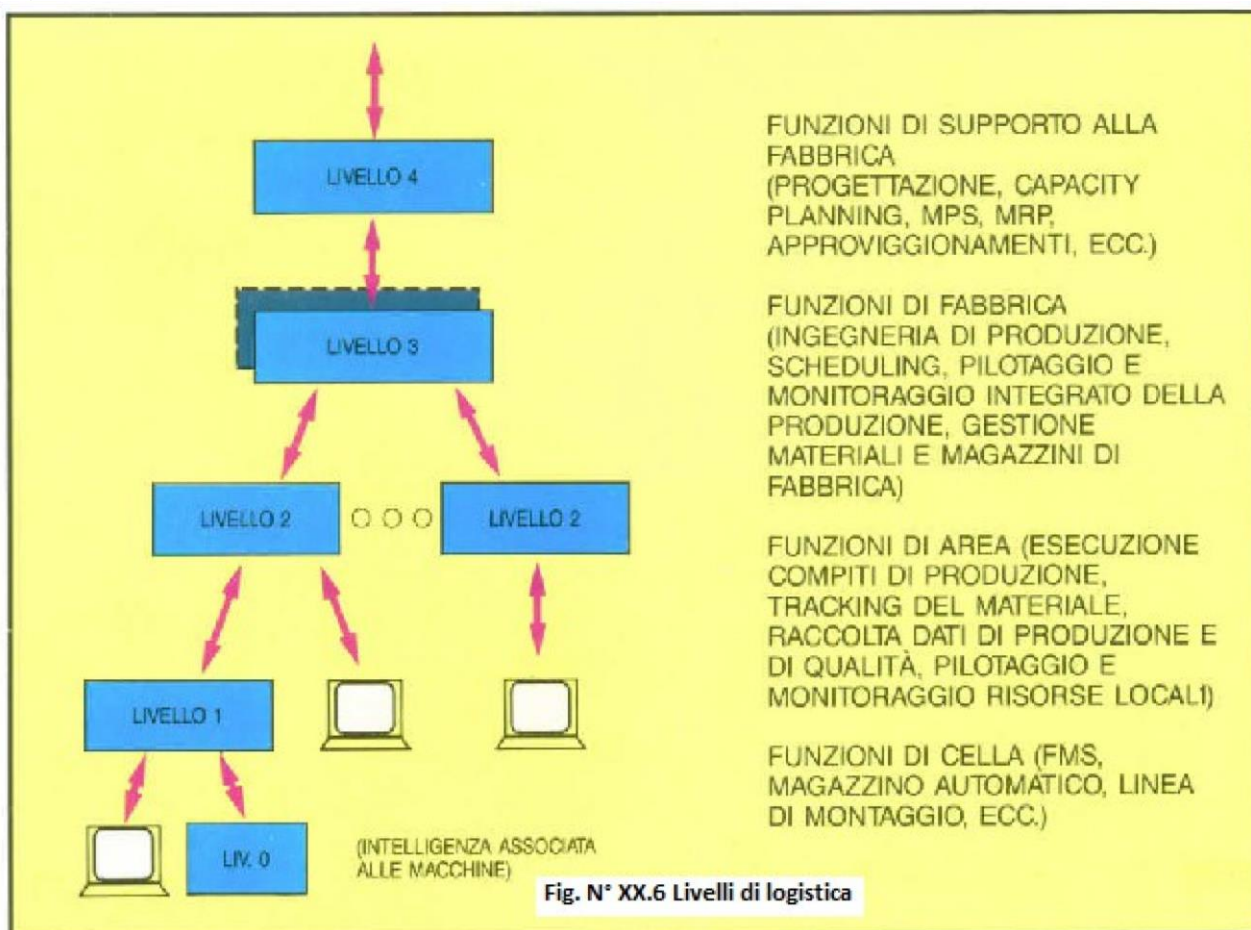
Analisi della sicurezza del Volo **PSA** (Probabilistic Safety Assessment), (**SIL**);

Analisi dell'Affidabilità [includendo previsioni ed altre tecniche quali: **HRA** (Human Reliability Assessment), **SDM** (Success Diagram Method), **SSM** (State Space

Method), **GFCM** (Gathered fault combination method), **DTM** (Decision Table Method), **TTM** (Truth Table Method];
 Analisi di Manutenibilità e Disponibilità dei sistemi;
Analisi del Supporto Logistico Integrale (calcolo parti di ricambio) etc.

I livelli della logistica

L'approccio per sistemi alla logistica culmina con la definizione di vari livelli classici della logistica che vengono riportati in sintesi nella figura seguente. Anche in campo aerospaziale si può organizzare la logistica di supporto con questo modello classico che parte dal livello di progetto in fabbrica per scendere ai livelli inferiori sino a livello di supporto operativo a terra (Fig. N° XX.6).



Cont.

RIFERIMENTI

- [1] Barlow R.E. - Proshan F., *Mathematical theory of reliability*, J. Wiley & sons, New York 1967
- [2] Igor Bazovsky, *Reliability, Theory and Practice*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J. 1961
- [3] R. P. De Havilland, *Introduction to the Theory of Reliability*, General Electric Report 57 D 423, 1957, SAEP

343 D

- [3] IEEE, *IEEE Transaction on Reliability*, (1984) R-33, April
- [4] P.D.T. O'Conner, *Practical Reliability Engineering*, 1990, 3rd ed. John Wiley & Sons, Chchester
- [5] US/NRC, *Reactor Safety, an assesment of accident risks in US commercial nuclear power plant*, 1975, Was-1400, NUREG 74/014, US/NRC
- [6] Alain Villemeur, *Reliability, Availability, Maintainability and Safety Assessment*, John Wiley & Sons, Chichester
- [7] US Nuclear Regulatory Commission, *Safety Goal for Nuclear power plants: a proposed poplcy*, 1983 NUREG, 0880, Rw. 1
- [8] A. D Swain - H.E. Guttman, *Handbook of Human Reliability Analysis with Enphasis on Nuclear Power Plant Applications*, Sandia Laboratories, NUREG/CR 1278
- [9] W.E. Eseley - F. F. Goldberg - N.H. Roberts - D.F. Haasi, *Fault tree Handbook*, US Nuclear Regulatory Commission, Washington, USA NUREG 0492 1981
- [10] Giuseppe Quartieri, *Sul calcolo del derating*, Automazione e Strumentazione, Nov. 1996 Ed. BIAS.
- [11] Giuseppe Quartieri, *On the component " σ -imp" in the system Safety Analysis*, XXIX Convegno Internazionale delle Comunicazioni 1981, Genova
- [12] E. Gabowitsch – H. Trauboth, *Improving the Reliability of nuclear reprocessing by application of computers and Mathematical Modelling*, Euroconf 82 Copenhagen
- [13] AICQ, "Manuale guida della responsabilità del Produttore per i prodotti difettosi" Maggio 1978
- [14] Damjan Jazbec, *Reliability Evaluation of power supply and distribution for special heat removal systems in nuclear power stations*.
- [15] AICQ, "La direttiva CEE sulla responsabilità civile del rischio ed il conseguente problema assicurativo" Treviso 30 Maggio 1980
- [16] Letture da "Le Scienze", "L'energia Fonti e produzione e articoli rilevanti sulla sicurezza nucleare" Scientific American
- [17] M. Cumo, "Ingegneria nucleare" Ed. UTET
- [18] Jorgen Moltoft, "Reliability should be built into the systems from the beginning" Euroconf 82 Copenhagen Rectuel Elektronik, 14-18 june 1982"
- [19] Quality, "Large scale Not Distuctive Test" April 1981
- [20] C. Dell'arciprete, "Criteri, studi e indagini per la localizzazione degli impianti nucleari" Elettronica Aprile 1982"
- [21] C. Bozzolo, *La qualificazione ambientale dei componenti elettronici per centrali nucleari*" L'Elettronica Maggio 1982
- [22] A. Barlaam, "Codice della ricerca scientifica e tecnologica", Edizione Giuffrè, Milano 1977 [23] CNEN, *La scelta dei Siti per gli impianti nucleari*"
"L'energia Nucleare e l'ambiente" 1972
"Manuale di protezione contro le radiazioni ionizzanti" 1977
"Direttive e Raccomandazioni della Comunità Europea in Materia di Protezione Sanitaria Contro le Radiazioni Ionizzanti" Novembre 1977
- [24] Foloci Lucci, "Elementi di Fisica Sanitaria", Susanna 1971
- [25] S. Caribba - S. Vacca, *Il Controllo Sociale dell'energia nucleare in Italia*", Franco Angeli Ed. 1978
- [26] A. Linari et alter, "Ingegneria Nucleare" Gennaio- Febbraio 1980
- [27] Velina, "Detto Scritto Fatto nel campo nucleare" *Ingegneria nucleare*", Marzo-Aprile 1980
- [28] Problemi Nucleari, "Detto Scritto Fatto nel campo nucleare" Maggio-Giugno 1980
- [29] Problemi Nucleari, "Detto Scritto Fatto nel Campo Nucleare" Luglio-Agosto 1980
- [30] G. Gambardella, "Alcune considerazioni in merito alla strategia dello sviluppo nucleare Italiano" Marzo 1976
- [31] Thom Rene, "Structural Stability and Morphogenesis" W.A. Benjamin Inc. 1975
- [32] Armand Feighembaum, "La qualità nell'industria" Conferenza presso la Unione degli Industriali di Roma Marzo 1975.
- [33] Harold W. Lewis, *La sicurezza dei reattori a fissione*" Maggio 1980 "Le Scienze"
- [34] Rasmussen, "Reactor Safety An Assessment of Accident Risks in U.S.Commercial Nuclear Power Plants" National Technical Information Service, 1975.
- [35] Lewis, "Risk Assessment Review Group Report to the U.S. Nuclear Regulatory Commission" U.S.N.R.C. National Tecnical Information Service 1975.
- [36] Harrisburg, "Emergenza Nucleare" Etas Libri Milano 1980
- [37] Giovanni Gera, Guido Sorignano "La Finanza Regionale" Editrice Galeno di Perugia

- [38] Ministero Industria, "*Piano Energetico Nazionale*" Commercio e Artigianato luglio 1981, supplemento a energie alternative HTE Anno 3 numero 13 settembre-ottobre 1981
- [39] Federazione Nazionale, "*La situazione energetica dei Cavalieri del lavoro Italiana e le sue prospettive future. Il ruolo dell'energia nucleare*" Roma ottobre 1975
- [40] Autori Vari, "*Energia Nucleare ed altri fonti di energia nel fabbisogno energetico Italiano*" Palazzo della Civiltà del Lavoro 27-28 Maggio 1974
- [41] U. Amaldi, G. Campos Venuti, "*Aspetti sanitari delle popolazioni delle radiazioni nell'interno degli impianti nucleari*", 1974-1975
- [42] F. Brambilla, "*Il controllo di qualità nelle sue linee Evolutive*" XI Convegno AICQ Milano 14-15 Maggio 1980
- [43] Ernani Carrada, "*Lessico familiare*" XI, Convegno AICQ Milano 14-15 Maggio
- [44] Giuseppe Quartieri, "*Elementi di Teoria della Qualità dei Sistemi*" XI Convegno dell'AICQ Milano 14-15 Maggio 1980
- [45] A. Zichichi, "*Articoli divulgativi sulla cultura moderna*", IL TEMPO del sabato, dal 1973 a fine settembre 1982
- [46] Autori Vari, "*Articoli rilevanti sul problema energetico*" LA REPUBBLICA
- [47] Autori Vari, "*Articoli rilevanti sul problema energetico*" LIBERO 2006, 2007
- [48] Luigi Speciale, "*Codice della sicurezza del lavoro e della tutela ambientale*", Edizione Sipiel
- [49] Roberto Morsetti, "*Sicurezza negli impianti industriali e antifortunistica*", Edizione Il Cerillo
- [50] Paolo albarelo - Giuseppe Chiotta "*La qualità della vita*", L'ingegnere italiano, Marzo 1982
- [51] Leopoldo Iaria, "*Omicidi bianchi: come combatterli*", L'ingegnere italiano, Marzo 1982
- [52] Alan D. Swain, "*The human element in system safety: a guide to Modern management*" INCOMTEC HOUSE 7 High Street 1974
- [53] William D. Rowe, "*An anatomy of risk*" 1977 John Wiley and Sons Inc
- [54] B.W. Marguglio, "*Quality systems in the nuclear industry*" ASTM 1977 19/6 Race Steet Philadelphia USA
- [55] Mansoor Alam, "*Quantitative evaluation of nuclear reactor protective-equipment using Markov approach*" IEEE Transaction on Reliability Vol-R-3 N.1, April 1982
- [56] Mannino Patané, "*L'energia nucleare*" U. HOEPLI editore 1955 Milano
- [57] Barbara Ward, Rene` Dubo, "*Only one Earth*" Pelikan Book 1972
- [58] Special Issue on "*Nuclear Reliability and Safety*" IEEE Transaction on Reliability 1976 Agosto
- [59] W.D. Rowe, "*Development of Approach for acceptable Level of risk*"
- [60] J.B.Fussel, D.P. Wagner, C.L. Cate, "*Reliability and software Methodology for an Analysis of the Clinch River Breeder Reactor Plant*,
- [61] Paul Rubel, "Tiger in the fault tree Jungle" [62] O.L.Draper, "*Reliability Analysis*"
- [63] FAST, "Il problema dei materiali per l'industria Italiana" C N R 5/6/7/8 Maggio 1980 Le centrali nucleari: Un'occasione di sviluppo per il paese"
- [64] QUALITÀ (De Qualitate), Articoli rilevanti dal N.1 all'ultimo numero entro settembre 2007
- [65] F. Ammon, Sergio Garibba, Sergio Vaccà, "*Sicurezza che paura*" Mondo Economico 2 Marzo 1980
- [66] Maushart, "*Monitoring for Radiation Contamination*" RIA WIDBAD BERTHOLD RFG
- [67] Patrick Lagadec, "*Come gestire "Il rischio"*" L'uomo, la Scienza, la Tecnica N. 5 Maggio 1982
- [68] Francois De Closets, "*Il ritrattamento delle scorie nucleari*" Energia N. 3 Marzo 1982
- [69] A. E. Green, Reliability Production
- [70] A.R. Eames, "*Reliability Assessment of Protective Systems "Sira Abstracts and Review"*" Vol. 23, N. 7 July 1969
- [71] A. J. Bourne, Reliability Assessment of Technological Systems
- [72] SRS, "*Reliability Data Bank Brochure*" SYSREL
- [73] James S. Moore, Quality Assurance in Westinghouse PWR's XXI Nuclear Congress of Rome Quality in the Nuclear Field 25-26 March 1976
- [74] Giuseppe Quartieri & Giancarlo Quartieri, "*La sicurezza del volo: approccio per sistemi*", Ed. IBN 1993.
- [75] Giuseppe Quartieri, "*Elementi di teoria della qualità dei sistemi*", XI Congresso dell'AICQ, Milano Giugno 1980
- [76] Giovanni Surbone, "*Qualità Totale e Certificazione: due realtà a confronto*", XVIII Convegno Nazionale AICQ Milano 10/11/12 Dic. 1994.
- [77] Giuseppe Quartieri, "*Nuovi Profili Professionali: Tecnico, Fisico o Ingegnere Ambientale*", PROTEC: Il progresso ambientale 1-2 Gennaio 1992
- [78] Giuseppe Quartieri, "*La qualità e la normazione nell'industria aerospaziale*", Ricerca Aerospaziale, Ed. IBN Anno XI - N* 1 Gen.-Giu. 1995
- [79] Andrew Webster, "*Technologies in transition, policies in transition: foresight in the risk society*", Tehnovation 19 (1999) 413-421
- [80] Roger Shaw (editor), "*Safety and reliability of software based systems*", Ed. Springer, 1997.
- [81] Felix Redmill e Tom Anderson (Editors), "*Lesson in system safety*", Springer, 1999.

- [82] ICAO, *Accident Prevention Manual*, Doc 94422-AN/923 1^a Ed. 1984
- [83] AICQ, *Manuale guida sulle responsabilità del produttore per i prodotti difettosi*, Maggio 1978
- [84] Giuseppe Quartieri, *Il cerchio della qualità*, Ricerca Aerospaziale, Ed IBN Anno XII N° 1 Gen.-Giu. 1996
- [85] David Owen, *Air Accident Investigation*, Ed. Patrick Stephens Ltd
- [86] Antonio Bordoni, *Airlife's Registered of Aircraft Accidents*
- [87] Dyam, *Guidelines for Process Hazards Analysis, Hazards Identification & Risk Analysis*
- [88] A.C. Pezzopane, R. Dentesano, R. Silenzi, G. B. Petti, L. Iavarone, *La strategia del margine: riflessioni sulla sicurezza del trasporto aereo*, Nuove Edizioni, 2000.
- [89] Ariel Dubi, J. Wiley and Sons
- [90] Liberato Ma scagni, *L'Affidabilità e la manutenzione nella Aviazione civile e militare: metodi e ottimizzazione*, IBN 1997
- [91] Hermann Kunlein, *EFA Hazard Analysis Procedure*, Ricerca Aerospaziale Ed. IBN Vol. N° 1, Jan-Jul. 1998.
- [92] Kevin S. Brown, *Evaluating fault tree (AND & OR Gtes only) with repeated events*, *IEEE Trasaction on Reliability*, Vol. 39 n° 2 1990 June.
- [93] Rob Taylor, *Safety Assessment for Control Systems*, Acts of FASDAS'94 Congress at University of Perugia, 9-10 Sept. 1994.
- [94] Mario Ferrante, Danilo Foltran, *A reliability and safety approach for complex space systems*, Acts of FASDAS'94, at University of Perugia, 9-10 Sept. 1994.
- [95] Riccardo Belfardi, L. Trotta, *Safety Assessment of aircraft mounted system*, Acts of FASDAS'94, at University of Perugia, 9-10 Sept. 1994.
- [96] Andrea Servida, *The European Dependability Initiative in the IST Programme*, ENCRESS Workshop, 15 December 1999, Rome Italy
- [97] Giuseppe Quartieri, Matteo Quartieri, *The system approach to quality and integrated system management*, 4th System Science European Congress, 20-24 Sept. 1999, Valencia Spain.
- [98] Giuseppe Quartieri, *L'approccio alla "dependability"*, Automazione e Strumentazione, Febbraio 2001
- [99] Giuseppe Quartieri, *L'approccio per sistemi alla sicurezza del volo*, Ricerca Aerospaziale, Anno XIX – N° 2 Lug.- Dic. 2003 Ed. IBN.
- [100] Giuseppe Quartieri, *L'approccio "Safety Case" (parte 1, 2)*, Ricerca Aerospaziale, Anno XVII – N° 1 Gen. - Giug. 2001 Ed. IBN.
- [101] Giuseppe Quartieri, *L'analisi di sicurezza*, Automazione e Strumentazione, Febbraio 2001, Anno XLIX, n. 4
- [102] Giuseppe Quartieri, *La Customer Satisfaction in ambiente aerospaziale e navigazionale*, Atti del Convegno Nazionale dell'AICQ, tenutosi il 9-10-11 novembre a Varese, Ville Ponti.
- [103] Giuseppe Quartieri, *L'integrità dei sistemi e la sicurezza del volo*, Ricerca Aerospaziale: Il semestre 1993, IBN
- [104] Giuseppe Quartieri, *Le prove di dimostrazione di affidabilità: teoria classica (parte 1 e 2)*, Ricerca Aerospaziale, Anno XIII – N° 1 Gen.- Giug. 1997, Ed. IBN.
Le prove integrate di affidabilità dei sistemi (Parte, 3), Ricerca Aerospaziale, Anno XIII – N° 2 Lug.- Dic. 1997, Ed. IBN.
Le prove di dimostrazione di affidabilità (Parte 4), Ricerca Aerospaziale, Anno XIV – N° 1 Gen. -Giug. 199, Ed. IBN.
- [105] B. E. Altham, *Basic Safety Criteria for Nuclear Reactor Containment*, Symposium on Nuclear Reactor Containment Building and Pressure Vessels, Galsgow May. 17-20 1069
- [106] Ingo Müller, Wolf Weiss, *Entropy and Energy*, Springer Verlag, 2005
- [107] Carlo Lombardi, *Impianti Nucleari*, Editore: Città Studi : 1993
- [108] Caira Marco - Cumo Maurizio, *Ingegneria dei reattori nucleari a fusione*, Editore: Enea, :1991
- [109] Bruzzi Luigi - Cicognani Gianfranco - Dominici Giordano, *Il ciclo del combustibile dei reattori nucleari*, Editore: Pitagora, 1992
- [110] CEI, *Strumentazione dei reattori nucleari. Principi e caratteristiche generali*, CEI 1997
- [111] CEI, *Strumentazione di misura del rateo di fluenza neutronica nel nocciolo dei reattori di potenza*, CEI 1007
- [111] CEI, *Rivelatori di radiazioni impiegati per la strumentazione e protezione dei reattori nucleari*, CEI 2007
- [112] Giuseppe Quartieri, *Reliability and complexity of neural multistage interconnection network*, XII Convegno Nazionale AICQ: "Qualità dei prodotti, dei servizi, della vita"; Auditorium della Tecnica, Roma 12-13-14 Nov. 1992.
- [113] Karl E. Grosspietsc, *Schemes of dynamic redundancy for fault tolerant in random access memory*, IEEE Transaction on Reliability Vol. 39 N° 1 !990 April.
- [114] Gilbert A. Chauvet, *Traversing levels of organization in biological systems: the s-propagation formalism*, Acts of the 4th Systems Science European Congress, Sept. 1999 Valencia Spain.
- [115] Jioi Grim, *Information approach to structural optimisation of probabilistic neural networks*, Acts of 4th Systems Science European Congress, Sept. 1999 Valencia Spain.

- [116] Caudia-Lidia Simionescu-Badea, *Integrodifferential equations modelling the dynamics of recurrent networks*, Acts of 4th Systems Science European Congress, Sept. 1999 Valencia Spain
- [117] Harold Chestnut, *Information requirements of system understanding*, IEEE Transactions on System Cybernetics, Jan. 1970, Vol. SSC-6 N° 1.
- [118] H. Haken, *Science and The brain as a complex and synergetic system*, Acts of 4th Systems Science European Congress, Sept. 1999 Valencia Spain
- [119] George Szekely, *Architecture of complexity in the nervous system*, Acts of 4th Systems Science European Congress, Sept. 1999 Valencia Spain
- [120] G. J. Chaitin, *Algorithmic Information Theory*, Fourth printing, Cambridge University Press, 1992 [121] M. Li, P. Vitanyi, *An Introduction to Kolmogorov Complexity and its Applications* 2nd Ed. Springer 1997.
- [122]] F. Luccio e L. Pagli, *La matematica della complessità*, Quaderni di "Le Scienze" N. 67 1992.
- [123] Giuseppe Quartieri, *La cultura della qualità per applicazioni di fisica sanitaria*, Atti del Convegno "La Protezione del paziente in campo radiologico: aspetti applicativi e innovazioni tecnologiche" FS-S.I.R.M. a cura di L. Conte, R. Novario, F. Turrini, Varese Maggio 1999
- [124] Maria Bonato - Giuseppe Quartieri, *La formazione "On the Job" di progettisti di Sistemi Qualità*, Atti del Convegno "Le Nuove tecnologie e le nuove metodologie in radiologia alle soglie del 2000", FS-S.I.R.M. a cura di R. Padovani, R. Novario, G. Scalzo, Copanello (CZ) 9-11 settembre 1999, Varese Maggio, 2000.
- [125] Giuseppe Quartieri, *La fisica dei viaggi spaziali relativistici*, Ricerca Aerospaziale" Ed. IBN Anno XVII – N. 2 Lug-Dic. 2001
- [126] J.D. Bekenstein, *Energy Cost of Information Transfer*, «Physical Rev. Lets» Vol. 46, pp. 623-26, 1981
- [127] Giuseppe Vitello, *Quantum Field and System Theory*, in Emergence in complex, cognitive, social and biologic systems, Kluwer Academic/Plenum Publishers 2002.