

LINEA-GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELL'ANALISI DI AFFIDABILITÀ UMANA

Prof. Mario Tucci, Ing. Lorenzo Giagnoni, Ing. Irene Cappelli
Dipartimento di Energetica "Sergio Stecco"
Sezione Impianti e Tecnologie industriali
Università degli Studi di Firenze
Via C.Lombroso, 6/17 - 50134 FIRENZE

Ing. Marcello Mossa Verre
Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT)
Via Nicola Porpora, 22 - 50144 FIRENZE

ABSTRACT

Nell'affidabilità dei sistemi, studiata attraverso tecniche rientranti nell'ambito della *risk analysis*, la valutazione si concentra sul processo industriale ed in generale sulle tecnologie che lo costituiscono, trascurando gli aspetti che dipendono dal fattore umano e dal suo contributo all'affidabilità del sistema stesso. A partire dalle aree industriali ad alto rischio, come quelle del nucleare, dell'aerospaziale e del petrolchimico, si è sentita l'esigenza di integrare le comuni tecniche di *risk analysis* con metodologie di valutazione del fattore umano, raccolte sotto il nome di *Human Reliability Analysis-HRA*.

La ricerca sulla *HRA*, con le *metodologie di II generazione*, sviluppa *modelli cognitivi* e *modelli di interfaccia uomo-macchina*, che rappresentino il comportamento dell'operatore e la sua interazione con il processo produttivo.

Data la varietà di metodologie e di modelli della *HRA*, il presente articolo si propone di individuare una linea guida per l'applicazione efficace dell'analisi. Una volta identificato il dominio dell'applicazione, ne sono definiti i passi fondamentali, suddivisi in due fasi: la *fase preliminare* per la conoscenza del sistema, la *fase operativa* per l'applicazione del *modello cognitivo*. I risultati ultimi dell'analisi, che devono essere letti alla luce della metodologia e del modello cognitivo adottati, si rivelano utili per la revisione del sistema organizzativo e gestionale dell'azienda.

INTRODUZIONE

Le comuni tecniche di valutazione dell'affidabilità dei sistemi, che rientrano nel quadro generale della *risk analysis* (*Probabilistic Safety Analysis-PSA*¹), analizzano il sistema da un punto di vista strettamente tecnologico e meccanico, trascurando l'aspetto legato alla *performance* umana. Il crescente interesse assunto dal ruolo dell'operatore nell'ambito della sicurezza ha imposto una integrazione della *PSA* con metodologie di analisi del fattore umano raccolte sotto l'etichetta della *Human Reliability Analysis-HRA*.

Le *metodologie di I generazione*[25] sono rimaste fortemente influenzate dalla filosofia del *PSA* ed hanno cercato di attribuire all'errore umano un valore probabilistico, atto ad essere inserito in analisi quantitative dell'affidabilità dei sistemi, quali *Alberi di Guasto* ed *Alberi degli Eventi*.

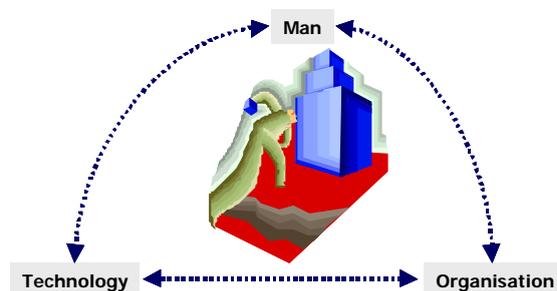


Figura 1 - Sistema Integrato MTO

In un secondo momento, le *metodologie di II generazione* si sono soffermate sulla dipendenza dell'affidabilità umana da fattori personali e contestuali. In tal senso hanno mirato alla valutazione qualitativa del comportamento dell'operatore ed alla ricerca di modelli che ne descrivessero l'interazione con il processo produttivo. Sono stati sviluppati *modelli cognitivi*[9][23], che rappresentano il processo logico-razionale dell'operatore e ne sintetizzano la dipendenza dai fattori personali (quali stress, incompetenza, etc) e dalla situazione contingente (conduzione normale del

¹ Nota anche come: *Probabilistic Risk Assessment-PRA* o *Quantitative Risk Assessment-QRA*.

sistema, condizioni anomale o, addirittura, emergenza), e *modelli di interfaccia uomo-macchina*[4], che rispecchiano il sistema di controllo del processo produttivo.

L'utilizzo dei *modelli cognitivi* e dei *modelli di interfaccia uomo-macchina* ha evidenziato la necessità di individuare chiaramente il *dominio* dell'analisi, la cui applicazione appare strettamente legata al contesto lavorativo inteso nel senso più ampio del termine, ossia come ambiente costituito da sistemi tecnologici, organizzativi, gestionali, nonché da relazioni interpersonali.

Una definizione esaustiva del *dominio* di applicazione della *HRA* può essere quella data nell'ambito della metodologia *Cognitive Reliability and Error Analysis Method-CREAM* [9], nella quale esso è definito come *sistema integrato uomo-tecnologia-organizzazione (MTO integrated system)*, ossia come squadra di operatori (*Men*) che collaborano al fine di raggiungere il medesimo obiettivo, intervenendo sul processo meccanico (*Technology*) in seno ad un sistema di organizzazione e di gestione dell'azienda (*Organisation*).

L'identificazione del *sistema integrato MTO* (Figura 1) come *dominio* dell'analisi, da una parte, risolve l'esigenza di rendere la *HRA* coerente al campo di applicazione, da quell'altra identifica i confini all'interno dei quali ricercare le variabili indipendenti che influenzano l'affidabilità dell'operatore.

In base ad un caso applicativo del *modello cognitivo* definito nel *CREAM*², con il presente articolo si intende individuare una linea guida per l'applicazione della *HRA*; a tal fine è descritta la procedura di analisi e ne sono evidenziati la filosofia, gli elementi chiave e le integrazioni metodologiche.

LA PROCEDURA DI ANALISI

Come per le tecniche di valutazione del rischio tecnologico, anche nel caso della *HRA*, sono riconoscibili due fasi di analisi: una *fase preliminare* ed una *fase operativa*. Come è mostrato in Figura 2, ciascuna fase consta di più passi, che descriveremo nel dettaglio.



Figura 2 - Flow Chart della procedura di analisi

Fase preliminare

Per il soggetto che procede all'analisi, che identificheremo con il nome di *analista*, la *fase preliminare* risulta fondamentale al fine di approfondire la conoscenza del sistema; essa deve essere orientata ad ottenere le informazioni necessarie ad applicare la metodologia adottata. Tali informazioni, che chiameremo *data-collection*, sono di natura diversa da quelle comunemente impiegate per lo svolgimento delle tecniche *PSA*, in quanto non si riferiscono strettamente all'area tecnologica, ma anche ai processi informativi esistenti nell'azienda, alla struttura organizzativa ed a quella gestionale. In questo senso, risulta fondamentale per l'*analista* adottare una procedura di *collecting* [23] attraverso la quale individuare, catalogare e raccogliere i dati utili all'applicazione dell'analisi.

La raccolta delle informazioni avviene in base alle normative tecniche ufficialmente riconosciute, ai documenti aziendali (quali il rapporto di sicurezza ed il manuale di gestione per la sicurezza), ad ispezioni in campo dell'impianto ed, eventualmente, al parere di personale competente operante nel settore di interesse.

Le normative tecniche sono lo strumento di riferimento per la valutazione di caratteristiche del sistema esplicitamente contemplate nelle norme e per le quali le regole di valutazione sono ormai codificate e generalmente riconosciute.

Dato lo sviluppo relativamente recente della *HRA*, l'acquisizione di dati significativi dai documenti aziendali è resa particolarmente complicata e delicata dalla mancanza di *database* strutturati in funzione della applicazione di metodologie per la valutazione dell'affidabilità umana. Tra i diversi documenti, particolare attenzione richiede il rapporto di sicurezza, necessario ad avere una visione storica degli eventi incidentali avvenuti nell'impianto ed a conoscere la valutazione del rischio risultante dalle tecniche *PSA* già utilizzate all'interno dell'azienda. D'altra parte, il

² Poiché il caso applicativo non è oggetto del presente articolo, sarà sufficiente sottolineare che l'analisi è stata effettuata su un impianto di processo chimico, rientrante nella categoria dei sistemi a rischio di incidente rilevante, così come definiti nel D.Lgs. 334/99 (Direttiva 98/433/CE "Seveso-bis").

manuale di gestione è essenziale per conoscere il Sistema di Gestione della Sicurezza (SGS) completo del piano di gestione delle emergenze interne ed esterne, nel caso di sistema a rischio di incidenti rilevante.

Ispezioni in campo sono utili per confermare le informazioni estrapolate dai documenti aziendali e per avere la visione reale dell'ambiente lavorativo e del processo produttivo. In particolare, in fase di ispezione deve essere identificata la tipologia delle *interfacce uomo-macchina*: quali sono i sistemi di controllo del processo, quali quelli di segnalazione e quali quelli di attuazione. In questa fase, sarà opportuno considerare se gli operatori svolgono la loro attività di controllo in cabine distanti dalla linea di produzione, se, invece, i pannelli di controllo sono a bordo macchina, se i comuni mezzi per attuare l'intervento sui parametri di processo sono leve o pulsanti. Nei sistemi di processo o tecnologicamente avanzati sarà probabile che il controllo della linea produttiva sia effettuato tramite unità informatiche e computer che visualizzano i diagrammi funzionali e le variabili di processo. E' da sottolineare che tali sistemi, completamente automatizzati, permettono un controllo in continuo del processo, ma, spesso, risultano talmente complessi da non consentire l'effettiva interpretazione delle informazioni da parte dell'operatore.

La stretta connessione che l'analisi deve avere con il proprio *dominio* di applicazione impone di contemplare la possibilità di ricorrere ad interviste a soggetti competenti del settore; essi potranno essere operatori dell'azienda stessa o tecnici facenti parte degli organi pubblici di controllo (ASL³, ARPA⁴) che per il ruolo che rivestono hanno conoscenze approfondite nella materia di interesse. In questo primo stadio, il parere di soggetti competenti è puramente consultivo e non necessita di alcuna formalizzazione, in quanto risulta comunque mediato dalla figura dell'*analista* e dalla sua personale valutazione.

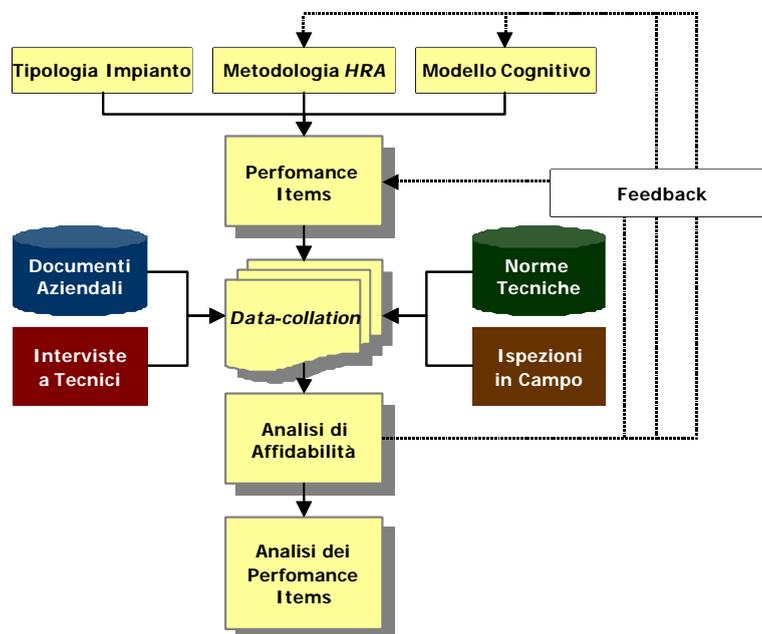


Figura 3 - Flow Chart della fase preliminare

Da un punto di vista procedurale la *fase preliminare* (Figura 3) può iniziare con la scelta, all'interno della struttura aziendale, di quei fattori che maggiormente appaiono influenzare la *performance* umana. Tali fattori, che in letteratura sono stati definiti come *Performance Shaping Factors-PSFs* [25] e *Common Performance Conditions-CPCs* [9], nel caso specifico saranno chiamati *Performance Items (PIs)*, a sottolineare che essi non derivano specificatamente dalla metodologia adottata, ma risultano individuati anche in base al *modello cognitivo* prescelto ed alla tipologia di impianto analizzato. A differenza dei *PSFs* e delle *CPCs*, che identificano condizioni generali dell'ambiente lavorativo e della situazione contingente, i *PIs* identificano categorie di elementi omogenei appartenenti al *sistema integrato MTO*; per fare un esempio, possono essere considerati *PIs*:

- le competenze, cioè la capacità di ogni operatore a svolgere una assegnata attività oppure un determinato compito;
- i flussi comunicativi, ossia i flussi di informazione all'interno dell'azienda ed,
- in particolare, tra gli operatori;
- le procedure, intese sia come procedure standard di conduzione dell'impianto, sia come procedure di manutenzione, sia come procedure d'emergenza;
- le interfacce uomo-macchina, ossia i sistemi di supervisione, controllo ed intervento degli operatori sul processo;
- gli ambienti lavorativi, individuati dalle condizioni igieniche e microclimatiche dell'ambiente fisico dove i soggetti operano;
- le relazioni interpersonali, ossia i rapporti instaurati all'interno del *team* operativo;

³ Agenzia Sanitaria Locale.

⁴ Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente.

➤ i corsi di formazione per il personale, definiti dal programma formativo attuato dall'azienda.

L'identificazione dei *PIs* è necessaria per definire la struttura del *data-collection* ed è seguita dall'effettiva attività di acquisizione e catalogazione dei dati.

A questo punto della *fase preliminare*, è importante operare una valutazione del *data-collection* al fine di stimare l'*Affidabilità dell'Analisi-AdA*. Se da una parte, infatti, la validità dell'analisi dipende strettamente dalle capacità dell'*analista*, dall'altra è innegabile che l'attendibilità dei dati di partenza ne influenza la correttezza del risultato e la coerenza con il dominio. Sarà, quindi, l'attendibilità dei dati, raccolti e strutturati nel *data-collection* dall'*analista*, a determinare il limite massimo di affidabilità raggiungibile dall'analisi.

Lo scopo dell'*AdA* deve essere quello di indicare all'*analista* se sia opportuno integrare il *data-collection* o, perfino, optare per una metodologia e/o un *modello cognitivo* diversi da quelli inizialmente scelti e più adeguati al sistema analizzato. Inoltre, la stima dell'*AdA* è utile a snellire l'indagine ed indirizzarla verso i fattori aziendali più interessanti ai fini della *HRA*, perché identifica i *PIs* realmente significativi fra tutti quelli inizialmente definiti.

La *fase preliminare* termina con la valutazione della qualità del *sistema integrato*, attuabile attraverso l'attribuzione di un livello qualitativo ad ogni *PIs*; tale valutazione, definita nel caso particolare come *Analisi dei Performance Items-API*, da una parte, fornisce indicazioni su ciò che è migliorabile da un punto di vista di gestione e di organizzazione aziendale, dall'altra sarà integrata in un secondo momento nella valutazione dell'affidabilità umana tramite l'uso del *modello cognitivo*.

Per procedere all'*API* è essenziale identificare gli elementi su cui effettuare la valutazione; tali elementi devono trovare una collocazione nei gruppi omogenei definiti con i *PIs*, in quanto è la qualità di ciascuno di tali elementi che influenza la qualità globale di ogni *PI*. In base alle procedure ed alle istruzioni di lavoro da analizzare, saranno individuate le funzioni operative⁵ coinvolte, i flussi comunicativi e le interfacce uomo-macchina utilizzate nel corso delle procedure, i corsi di formazione e di specializzazione frequentati dagli operatori, nonché i luoghi di lavoro in cui sono svolte tali procedure.

Parlando di funzioni operative, riferendosi con questa definizione ai diversi ruoli ricoperti dagli operatori all'interno dell'azienda, nonché ai compiti ad essi attribuiti, è necessario sottolineare che una funzione operativa può essere ricoperta da un operatore singolo o da una squadra. A tale proposito, una squadra è intesa come gruppo di operatori capaci di autogestirsi durante lo svolgimento della mansione ed, in questo senso, il suo contributo nel *sistema integrato MTO* è analogo a quello di un singolo operatore che agisce secondo la propria esperienza e le proprie conoscenze.

In base a tale concetto, nella valutazione qualitativa di una funzione operativa può essere opportuno soffermarsi su parametri diversi a seconda che essa sia ricoperta da un operatore solo o da un gruppo di individui (squadra). Parametri significativi per valutare un singolo operatore possono essere: il titolo di studio conseguito, i corsi di formazione o di specializzazione frequentati, l'esperienza professionale maturata nel tempo, nonché l'età e la forma fisica. D'altra parte, nel caso la funzione operativa sia svolta da una squadra, risulteranno significativi altri tipi di fattori, quali il tempo di lavoro nella stessa azienda o nello stesso reparto, la conoscenza extralavorativa o addirittura la parentela tra soggetti facenti parte della squadra.

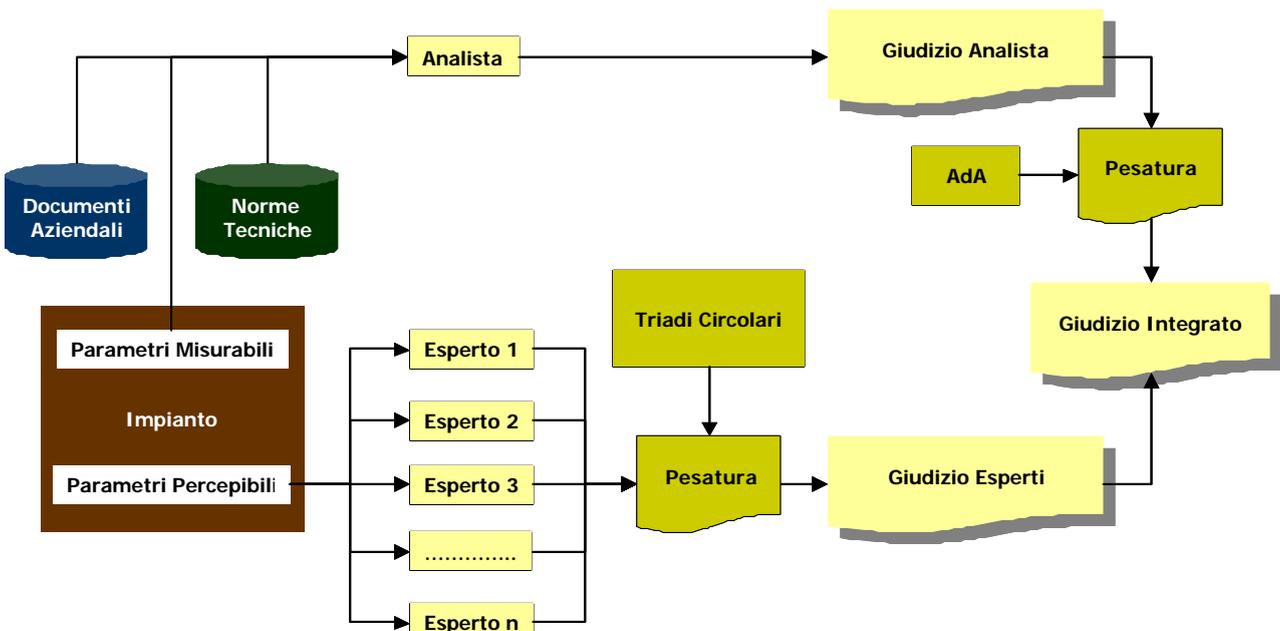


Figura 4 - Flow Chart dell'Analisi dei PIs

⁵ Dove con funzioni operative si identificano i ruoli svolti all'interno dell'azienda ed i compiti ad essi associati.

Mentre l'Ada è condotta unicamente dall'*analista* ed il parere dei soggetti competenti è di tipo prettamente consultivo, l'API è condotta secondo due percorsi paralleli ed indipendenti: uno che tiene conto del **giudizio dell'analista** ed uno che si basa sul **giudizio degli esperti**, dove per *esperti* si intenda operatori del sistema sia a livello dirigenziale sia a livello di conduzione in linea del processo produttivo.

La necessità di coinvolgere in modo sistematico e formalizzato esperti del settore e di svolgere in modo completamente autonomo le due linee di analisi nasce dal diverso tipo di parametri sui quali è espresso il *giudizio dell'analista* e quello degli *esperti*. L'*analista* opererà una stima di conformità del sistema rispetto alle normative tecniche (ad esempio terrà conto dell'illuminamento dell'ambiente di lavoro o dei livelli di pressione sonora riscontrabili) ed esprimerà un giudizio in base a parametri che chiameremo *misurabili*, in quanto sono indicativi di caratteristiche fisiche del sistema (ad esempio la distanza dei pulsanti di allarme dalla consolle di lavoro). Agli *esperti* sarà chiesta un'opinione su caratteristiche *percepibili*, ma non *misurabili* del sistema. L'utilità del *giudizio degli esperti* è evidente, ad esempio, nella valutazione della leggibilità di una procedura: in questo caso, infatti, il parametro non è oggettivamente misurabile, ma, essendo determinante per valutare l'affidabilità della *performance* umana, è importante poterne stimare il livello qualitativo.

La necessità di tener conto del grado di competenza dell'*esperto* intervistato, di valutarne l'attendibilità di giudizio e di rendere l'analisi il più possibile consistente rispetto ai soggetti scelti come *esperti*, focalizza l'attenzione sulla pesatura del giudizio. A tale scopo può essere usato il metodo delle **triadi circolari**[1] che si basa sull'*inconsistenza logica*⁶ e per il quale il giudizio di un *esperto* è tanto più consistente quanto minore sarà il numero di *inconsistenze logiche* in esso riscontrabili. Tramite un algoritmo, dal numero di *inconsistenze logiche* è ricavabile un **coefficiente di consistenza** che può essere ritenuto il peso applicabile al *giudizio dell'esperto* e che è tanto più vicino all'unità quanto minore è l'*inconsistenza* del giudizio.

Il *giudizio degli esperti* può essere utilizzato sia per avere un riscontro sul *giudizio dell'analista* sia per ottenere un **giudizio integrato** utilizzabile nella *fase operativa*. E' da sottolineare che mentre nel *giudizio degli esperti* è implicita la pesatura, la pesatura del *giudizio dell'analista* può essere ottenuta e derivata dall'Ada.

Fase Operativa

Nella *fase operativa* devono essere individuate le procedure sulle quali applicare l'analisi; essa può essere applicata sia a procedure operative, che comportano interventi di normale conduzione dell'impianto, sia a procedure di manutenzione, sia a procedure di coordinamento delle squadre operative, prettamente connesse alle situazioni di emergenza.

In ogni caso le procedure devono essere rilette e strutturate secondo una formalizzazione definita e specificata nella metodologia e nel *modello cognitivo*: in generale esse sono schematizzate come un flusso di azioni fisiche e logiche condotte dall'operatore in modo sequenziale o in parallelo.

Nel presente caso, in cui la *fase preliminare* si innesta nella *fase operativa* tramite il *modello cognitivo* definito nel CREAM, la formalizzazione delle procedure si manifesta nella **Hierarchical Task Analysis-HTA** e nella **Cognitive Task Analysis-CTA** [9].

La *HTA* individua ed ordina in termini temporali i sottocompiti da svolgere all'interno della procedura per raggiungere l'obiettivo finale. Nel caso di procedure operative o manutentive, la *HTA* risulta facilmente applicabile e può scendere tanto più in dettaglio quanto più accurata è la stesura della procedura dalla quale deriva. D'altra parte, le procedure di coordinamento sono, in realtà, istruzioni comportamentali, mancano di formalismo e sono spesso espresse in modo molto generico. Di conseguenza, nel procedere alla *HTA* si tende a razionalizzarle e strutturarle, in analogia a quanto avviene con le procedure operative.

Nell'applicazione della *HTA* può essere particolarmente utile individuare alcuni elementi caratterizzanti la procedura[20]:

- se la procedura è finalizzata alla realizzazione di uno o più obiettivi;
- se tali obiettivi hanno una priorità da un punto di vista temporale o strategico;
- se sono stati contemplati possibili ostacoli al completamento della procedura;
- se esistono, all'interno della stessa procedura, *task* iterativi o ciclici;
- se è possibile effettuare verifiche sulla corretta esecuzione della procedura.

Una volta applicata la *HTA*, la procedura è oggetto della *CTA*: essa si realizza individuando le **attività cognitive** associate ad ogni *task* definito dalla *HTA*. Le **attività cognitive**, per la cui definizione e descrizione si rimanda alla metodologia CREAM, sono i processi logico-razionali che l'operatore mette in atto nel compiere il *task*.

Se nella stesura della procedura è stato fatto uso di parole chiave⁷, in particolare se mutuata da un *modello cognitivo*, il passaggio tra *HTA* e *CTA* è immediato; al contrario, quando la procedura analizzata non fa riferimento a parole chiave, la *CTA* è mediata dal *giudizio dell'analista* e ne risulta quindi fortemente dipendente (in Figura 6 è riportato un esempio di *CTA* associata ad una *HTA* di una procedura di coordinamento).

⁶ Dati gli elementi omogenei A, B e C e scelta la proprietà *p* come criterio di giudizio, se il giudizio è: A(p)>B(p), B(p)>C(p), C(p)>A(p) allora esiste una *inconsistenza logica*.

⁷ Dove per parole chiave si intenda parole esplicitamente definite ed individuanti specifiche attività fisiche o processi logico-cognitivi.

Nel caso dell'applicazione del *modello cognitivo* definito nel *CREAM*, l'uso di tabelle che mettono in relazione le *attività cognitive* a quattro *funzioni cognitive* primarie (*osservazione, interpretazione, pianificazione, esecuzione*) consente di calcolare l'occorrenza totale delle *funzioni cognitive* associate alla procedura. Tale procedimento è poi sintetizzato nel così detto *profilo cognitivo teorico*, che indica quale sia il livello logico-cognitivo richiesto all'operatore per attuare la procedura. Il profilo così costruito è indipendente dai *PIs* e deriva semplicemente dalle *HTA* e *CTA* applicate alla procedura.

In sintesi, l'*analista* ha ottenuto per il momento due risultati: il primo deriva dalla *fase preliminare* ed è il *giudizio integrato* sui *PIs*, il secondo deriva dall'applicazione del modello cognitivo adottato ed è, in questo caso, il *profilo cognitivo teorico* richiesto affinché l'operatore conduca a termine la procedura analizzata.

L'integrazione di questi due risultati dipende dalla metodologia utilizzata nonché dal *modello cognitivo* stesso; in generale, saranno individuati dei *coefficienti di influenza*⁸, che pesano l'influenza di ogni *PI* sulle diverse attività e/o funzioni cognitive. Tali coefficienti, combinati opportunamente con il *profilo cognitivo teorico*, lo modificano in base al *giudizio integrato* e lo rendono reale, ossia coerente e correlato alla valutazione qualitativa del *sistema integrato MTO*.

Per ogni procedura individuata, dunque, quello che risulta dall'analisi completa è il *profilo cognitivo reale* necessario a compiere la procedura, ricavato non solo in base al livello cognitivo teorico associato alla procedura, ma anche in base alla qualità del *sistema integrato MTO* in cui l'operatore si trova ad agire.

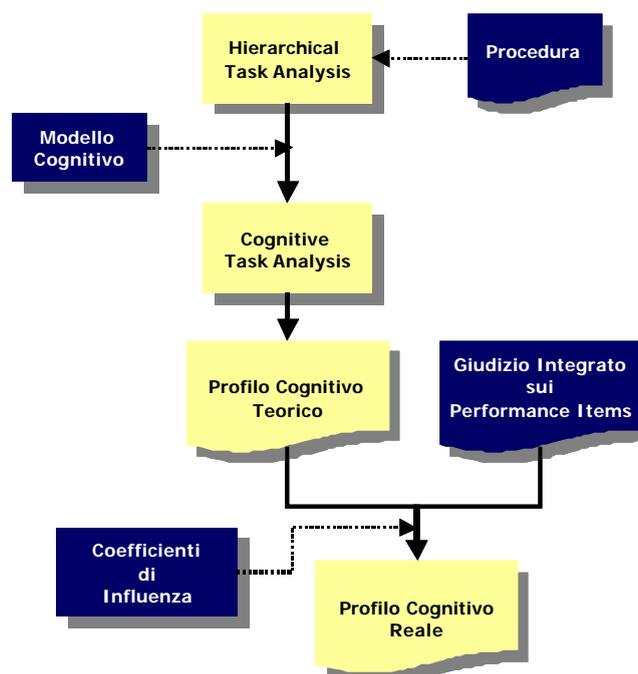


Figura 5 - Flow Chart della fase operativa

CONCLUSIONI

La lettura e l'interpretazione dei risultati finali dell'analisi dipendono strettamente dalla metodologia e dal *modello cognitivo* utilizzati, nonché dal campo applicativo dell'analisi.

In linea di principio, si può comunque affermare che l'apporto fondamentale dell'analisi, oltre ad una conoscenza approfondita del *sistema integrato MTO*, risultato non trascurabile, consiste nell'individuazione:

- dei *PIs* che hanno un'influenza negativa sulla *performance* umana e che quindi necessitano di una revisione da parte dell'azienda;
- delle procedure più critiche dal punto di vista del *profilo cognitivo teorico* richiesto per portarle a termine;
- di *skill* professionali idonei a ricoprire determinate funzioni operative in relazione alla tipologia di procedure ad esse affidate;
- delle *funzioni cognitive* più richieste e quindi dell'eventuale necessità di riequilibrare i *profili cognitivi* attraverso una rilettura e modifica delle procedure stesse;
- dei corsi di formazione o di addestramento più idonei a fornire la preparazione e le conoscenze necessarie ad affrontare correttamente le procedure richieste agli operatori.

⁸ A seconda dei *PIs* definiti, i coefficienti di influenza potranno essere trovati in letteratura o ricavati in base allo stato dell'arte.

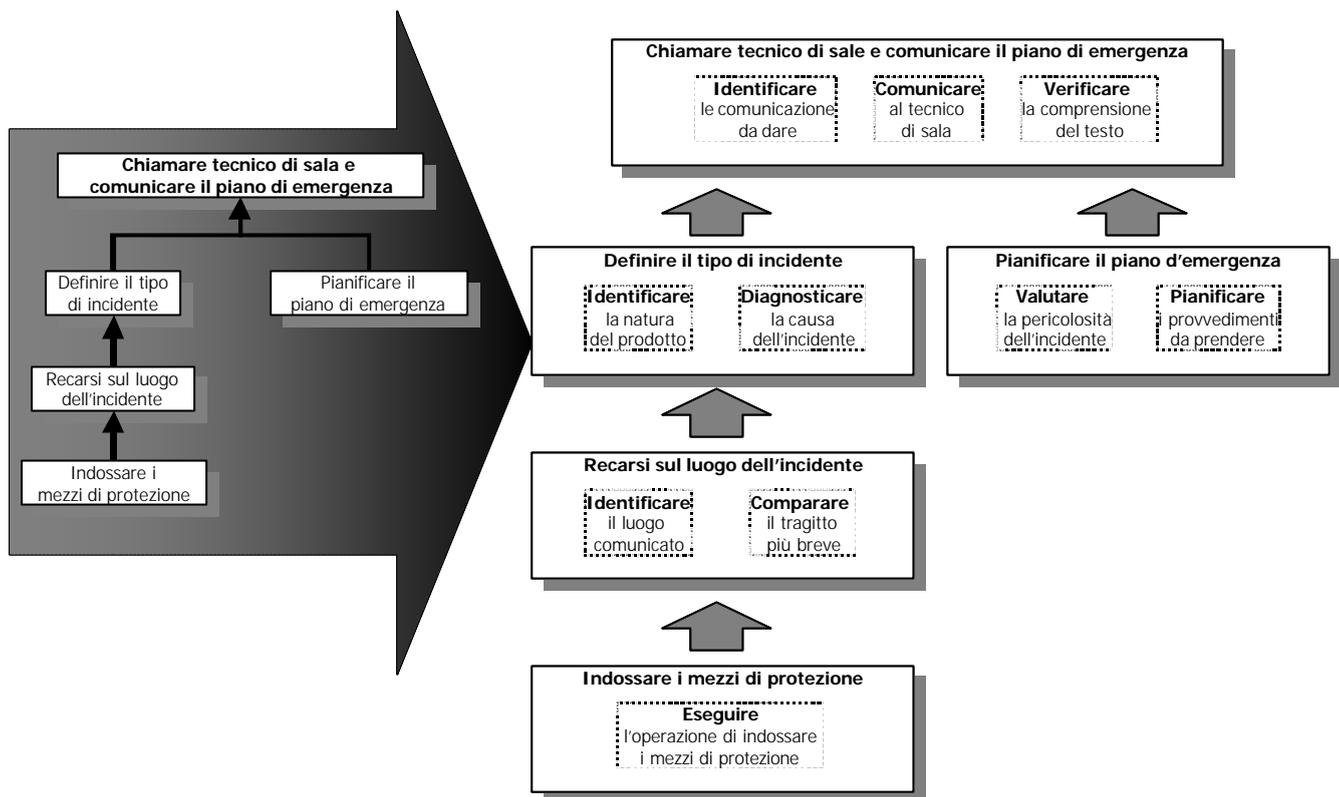


Figura 6 - HTA associata ad CTA

SIMBOLI ED ABBREVIAZIONI

- AdA - Affidabilità dell' Analisi
- API - Analisi dei Performance Items
- CPCs - Common Performance Conditions
- CREAM - Cognitive Reliability and Error Analysis Method
- CTA - Cognitive Task Analysis
- HRA – Human Reliability Analysis
- HTA - Hierarchical Task Analysis
- MTO integrated system – sistema integrato Men, Technology, Organisation
- PSA - Probabilistic Safety Analysis
- PSFs - Performance Shaping Factors
- PIs - Performance Items

BIBLIOGRAFIA

- [1] Basra G., Kirwan B. *Collection of offshore human error probability data* Reliability Engineering and System Safety, 1997.
- [2] Baument G., Ménage F., Schneiter J.R., Spurgin A., Volgel A. *Quantifying human and organization factors in accident management using decision trees: the HORAAM method* Reliability Engineering and System Safety, 1999.
- [3] Cacciabue P.C. *Hman factors impact on risk analysis of complex system* Journal of Hazardous Materials, 2000.
- [4] Cacciabue P.C. *Modelling and simulation of human behaviour for safety analysis and control of complex systems* Safety Science Vol.28, 1998.
- [5] Centre for Chemical Process Safety (CCPS) *Guidelines for Preventing Human Error in Process Safety* (American Institute of Chemical Engineers, New York), 1994.
- [6] Di Giulio A., Trucco P., Invernizzi F., Citterio S. *Affidabilità cognitiva dell'operatore umano e sicurezza d'impianto: prospettive di integrazione nei metodi d'analisi* Convegno Animp, 2000.
- [7] Fussel J.B. *Fault Tree Analysis: Concepts and Techniques – Generic Techniques In System Reliability Assessment* NATO, Advanced Study Institute, 1976.
- [8] Gertman D.I. and Blackman H.S. *Human Reliability & Safety Analysis Data Handbook* John Wiley & Sons, New York, 1994.
- [9] Hollnagel E. *Cognitive Reliability and Error Analysis Method CREAM* Elsevier, 1998.
- [10] Kuo-Wei Su, Sheue-Ling Hwang, Thu-Hua Liu *Knowledge architecture and framework design for preventig human error in maintenance task* Expert Sistem with Application, 2000.
- [11] Jung W.D., YoonW.C., Kim J.W. *Structured information analysis for human reliability of emergency task in nuclear plants* Reliability Engineering and System Safety, 2000.
- [12] Marsden P., Hollnagel E. *Human interactio with thecnology: The accidental user* Acta Psychologica 1996.
- [13] Monsneron-Dupin F., Reer B., Heslinga G., Strater O., Gerdes V., Saliu G., Ullwer W. *Human-centered modelling in human reliability analysis: some trends based on case studies* Reliability Engineering and System Safety, 1997.
- [14] Parry G. W. *Suggestion for improved HRA method for use in Probabilistic Safety assessment* Reliability Engineering and System Safety, 1995.
- [15] Paz Barroso M., Wilson J.R. *HEDOMS-Human Error and Disturbance Occurence in Manufacturing Systems: Toward the Development of an Analytical Framwork* Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, 1999.
- [16] Ramabrahman B.V., Swaminathan G. *Disaster management plan for chemical process industries. Case study: investigation of release of chlorine to atmosphere* Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 1999.
- [17] Reason J. *Human Error* Cambridge University Press, Cambridge, 1990.
- [18] Rinaldi R., Giagnoni L. *Estimating the influence of the human factors in risk analysis: reliability and safety evaluation applied to the organisation management of a petrolchemical plant* Esrel 2001.
- [19] Sasou K., Reason J. *Teams errors: definition and taxonomy* Reliability Engineering and System Safety, 1998.
- [20] Sharif J. *Applying Human and System Reliability Analysis to the Design and Analysis of Written Procedures in High-Risk Industries* Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, 1998.
- [21] Sharit J. *Allocation of functions. In Handbook of Human Factors and Ergonomics* 2nd Ed. by G. Salvendy John Wiley & Sons, New York, 1997.
- [22] Sharit J. *Human reliability modelling, In New Trends in System Reliability Evaluation* by K.B. Misra Elsevier, Amsterdam, 1993.
- [23] Shen S-H, Smidts C., Mosleh A. *A methodology for collection and analysis of human error data based on a cognitive model: IDA* Nuclear Engineering and Design, 1996.
- [24] Strater O., Bubb H. *Assessment of humen reliability based on evaluation of plant experience: requirements and implementation* Reliability Engineering and System Safety, 1999.
- [25] Swain A.D. and Guttman H.B. *Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications* NUREG/CR-1278 U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, 1983.
- [26] Trucco P., Pedrali M., Invernizzi F., Citterio S. *Aspetti cognitivi e organizzativi nella sicurezza d'impianto: analisi di un'incidente in una centrale di cogenerazione* Convegno Animp, 2000.