

IL PROGETTO I.T.E.R.E.: ESPERTI DI TECNICHE INNOVATIVE DI INDAGINE PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO AMBIENTALE SU SCALA LOCALE

Gabriele BALLOCCO^o, Andrea CARPIGNANO^o, Gandolfo DI FIGLIA*, Jean Pierre NORDVIK⁺

^oARTES pscarl, C.so Alfieri 309 - Asti - Italy - artesc@tin.it

*Consorzio 2i Map Sud, Via Ruggiero Settimo 55 - Palermo - Italy - mapsud@tin.it

⁺Joint Research Centre of the European Communities, TP 210 - Ispra (VA) - jean-pierre.nordvik@jrc.it

SOMMARIO

Il lavoro presenta le attività di ricerca e formazione che sono in corso nell'ambito del progetto I.T.E.R.E., destinato allo studio di tecniche innovative per l'analisi di rischio industriale a livello locale e la formazione di tecnici da inserire nel contesto industriale siciliano.

L'attività di ricerca è orientata alla realizzazione di una banca dati di modelli per l'analisi delle conseguenze di incidente nonché all'adattamento del software STARS Studio del JRC quale strumento di lavoro "aperto" in grado di interfacciare e utilizzare modelli esterni ai fini della simulazione di sequenze incidentali in installazioni industriali.

Partecipano al progetto il Consorzio 2i map sud (società di ricerca e formazione specialistica), il Joint Research Centre (sito di Ispra della Commissione Europea), il Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Processi e dei Materiali dell'Università di Palermo, il Dipartimento di Scienze Statistiche dell'Università, l'Assessorato Agricoltura e Foreste della Regione Sicilia e la società di consulenza ARTES pscarl.

Il progetto è finanziato dall'Unione Europea, dal Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale e dalla Regione Sicilia.

1 INTRODUZIONE

Il progetto I.T.E.R.E. intende affrontare le problematiche connesse al rischio di incidente rilevante in impianti che trattino sostanze pericolose ed in particolare all'analisi e simulazione delle sequenze incidentali che potenzialmente potrebbero instaurarsi al seguito di guasti, errori umani o di manutenzione, eventi ambientali esterni all'impianto. In questo ambito, il progetto si propone due finalità principali: la prima di carattere tecnico-scientifico, la seconda di tipo didattico formativo.

L'obiettivo della ricerca intende studiare il problema della simulazione di incidente ed in particolare la modellistica e gli strumenti utilizzati per questo tipo di analisi, cercando di offrire risposte a problematiche tuttora aperte quali:

- la necessità di organizzare una banca di modelli di simulazione dei diversi eventi (rilasci, dispersioni, incendi, esplosioni,...), dalla quale prelevare, per ciascun fenomeno, quello più indicato sulla base del dettaglio dell'analisi, della qualità del modello e di altri eventuali vincoli;
- la possibilità di disporre di uno strumento di simulazione aperto, in cui l'analista possa combinare modelli propri e modelli altrui per caratterizzare meglio la sequenza incidentale in esame;
- la necessità di migliorare l'analisi di vulnerabilità, molto spesso trattata in modo semplicistico, frequente causa di una notevole incertezza sui risultati dell'analisi di rischio;
- la necessità di abbinare alla simulazione deterministica delle sequenze incidentali, una valutazione statistica che quantifichi l'incertezza dei risultati ottenuti;
- il rapido accesso ad una banca dati per la caratterizzazione fisico-chimica delle sostanze;
- la necessità di integrare gli strumenti di analisi con strumenti GIS di rappresentazione territoriale;
- la necessità, anche a seguito delle indicazioni della nuova Seveso II, di trattare al meglio gli Effetti Domino.

A questo primo obiettivo si affianca poi una finalità formativa del progetto I.T.E.R.E., legata in particolare al contesto locale in cui il progetto è nato: la Regione Sicilia. In questa regione, il notevole sviluppo dell'industria petrolchimica fa sì che le problematiche di tutela socio-ambientale siano particolarmente sentite anche e soprattutto dalle stesse aziende che difficilmente trovano giovani preparati per trattare tali aspetti. I.T.E.R.E. si propone di formare giovani diplomati e laureati alla comprensione e allo studio di tali problematiche e quindi all'uso di strumenti avanzati, affinché possano acquisire una professionalità del settore da spendere nel mondo del lavoro.

Il **Consorzio 2i map sud** (società di Palermo di ricerca e formazione specialistica), nell'ambito del **Consorzio Occupazione 2000**, attuatore del progetto, per lo sviluppo dei lavori ha richiesto la collaborazione di quattro partner istituzionali sulla base del loro patrimonio di conoscenze ed esperienze: **J.R.C.** (Joint Research Centre, centro di ricerche di Ispra della Commissione Europea) - **D.I.C.P.M.** (Dipartimento di

Ingegneria Chimica, dei Processi e dei Materiali dell'Università degli Studi di Palermo) - **D.S.S.** (Dipartimento di Scienze Statistiche dell'Università degli Studi di Padova) - **ARTES** pscarl di Asti, una società privata ospite dell'Incubatore delle Imprese Innovative del Politecnico di Torino, attiva nell'ambito dell'attività di consulenza e ricerca sulle tematiche indicate. Il progetto, avviato nella metà del 1999, si concluderà nel corso del 2001. L'idea di coagulare queste esperienze è nata, in particolare, dalla esistenza del sistema STARS Studio (Software Toolkit for Advanced Reliability and Safety analysis) uno strumento predisposto alla rappresentazione di sequenze di fenomeni, sviluppato dal JRC in collaborazione con ARTES, testato e collaudato in questi anni dal DICPM in collaborazione con il CONSORZIO 2I MAP SUD.

Dal punto di vista delle metodologie di indagine l'aspetto innovativo è rappresentato dalla particolare attenzione rivolta ai modelli, visti come strumenti fondamentali per comprendere e valutare la complessità dei fenomeni ambientali connessi con le attività produttive.

In questo contesto, appare significativa l'integrazione dei più consolidati modelli deterministici (rilasci, dispersioni, incendi, esplosioni, ecc.) con approcci di tipo statistico-probabilistico, che possono rappresentare il comportamento di fenomeni ambientali in una situazione fortemente perturbata da elementi non totalmente controllabili.

Dal punto di vista degli strumenti impiegati, sia a livello didattico che operativo, è opportuno sottolineare ancora l'importanza dell'ambiente software dedicato all'analisi delle sequenze di fenomeni che caratterizzano, in particolare, le interazioni produzione-ambiente e più in generale l'interazione uomo-ambiente e dei relativi rischi. Tale strumento sarà l'evoluzione, come già indicato, del prodotto studiato dal Joint Research Centre dell'Unione Europea per recepire la modellistica ancora in fase di evoluzione sulla "consequence analysis" e per studiare l'Effetto Domino.

Questo lavoro intende, in particolare, presentare l'attività di ricerca svolta al fine di potenziare il pre-esistente STARS Studio, dedicato essenzialmente ad analisi di affidabilità e sicurezza da un punto di vista prettamente probabilistico, al fine di renderlo ancora più completo consentendo un supporto nella simulazione di sequenze incidentali, con caratteristiche del tutto innovative rispetto agli strumenti disponibili sul mercato.

Nel seguito, pertanto, verrà presentata la versione base dell'ambiente software (STARS Studio), le necessità e le problematiche incontrate quotidianamente dagli analisti di sequenze incidentali, quindi le implementazioni proposte per lo sviluppo e la messa a punto dell'ambiente software "STARS Domino".

2 L'AMBIENTE SOFTWARE STARS STUDIO

L'ambiente STARS Studio (la cui architettura è schematicamente illustrata in figura 1), realizzato e commercializzato dal Joint Research Centre della Commissione Europea, si propone quale strumento di lavoro integrato per le verifiche di sicurezza e affidabilità di sistemi industriali complessi. Esso offre infatti un supporto durante tutte le fasi dell'analisi: dalle fasi preliminari di raccolta dei dati, alle fasi qualitative dell'analisi destinate alla identificazione dei pericoli, fino alle fasi quantitative di studio delle sequenze incidentali e relativa stima del rischio.

In un unico ambiente infatti l'analista può disporre di strumenti:

- per l'organizzazione della conoscenza a sua disposizione relativamente al progetto in esame o, più in generale, ai progetti precedentemente esaminati,
- per la modellazione del sistema in analisi mediante rappresentazione grafica e/o tabellare,
- per l'identificazione qualitativa dei pericoli mediante tecniche FMECA e HAZOP,
- per la quantificazione delle Inaffidabilità e/o Indisponibilità di sistema mediante Fault Tree Analysis, Common Cause Failure Analysis and Criticality Analysis,
- per la quantificazione delle frequenze di accadimento di sequenze incidentali mediante Event Tree Analysis.

I requisiti dello strumento sono nati a seguito di un'attenta analisi delle esigenze degli analisti tra cui la possibilità di:

- far tesoro delle informazioni progettuali a disposizione dei progettisti su file CAD trasferendole direttamente all'ambiente STARS,
- organizzare una banca dati di affidabilità aziendale da consultare in ogni progetto e con la quale alimentare velocemente i modelli probabilistici (FT, ET),
- utilizzare risultati di un'analisi per alimentare analisi successive,
- aggiornare rapidamente ed in modo coerente i modelli e le analisi a fronte di una modifica progettuale,
- la possibilità di risalire il flusso dell'analisi individuando le relazioni causa-effetto che si sono utilizzate ("tracing" dei risultati),
- esportare agilmente i risultati verso strumenti di editing molto potenti quali l'ambiente Microsoft Office,
- adattare le interfacce e gli stessi moduli di analisi alle specifiche esigenze dell'utente,
- essere guidati nelle task più articolate (uso estensivo di Wizard).

L'organizzazione della conoscenza in ambiente STARS si basa sulla costruzione di tassonomie, ossia strutture gerarchiche organizzate in classi, ciascuna delle quali descritta in termini di attributi che possono essere di diverso tipo (valori numerici, testo, tabelle, strutture grafiche). Le tassonomie presentano un meccanismo di ereditarietà che semplifica l'introduzione dei dati e consente una migliore gestione della memoria. Esse sono utilizzate per contenere tutte le informazioni necessarie all'analisi, che si accumulano via via lavorando a diversi progetti: descrizione della componentistica, dei modi di guasto, parametri affidabilistici, e addirittura memorizzazione delle interfacce che questi stessi oggetti utilizzano per presentarsi all'utente. Queste tassonomie possono essere inoltre alimentate da, o alimentare, fogli MS Excel.

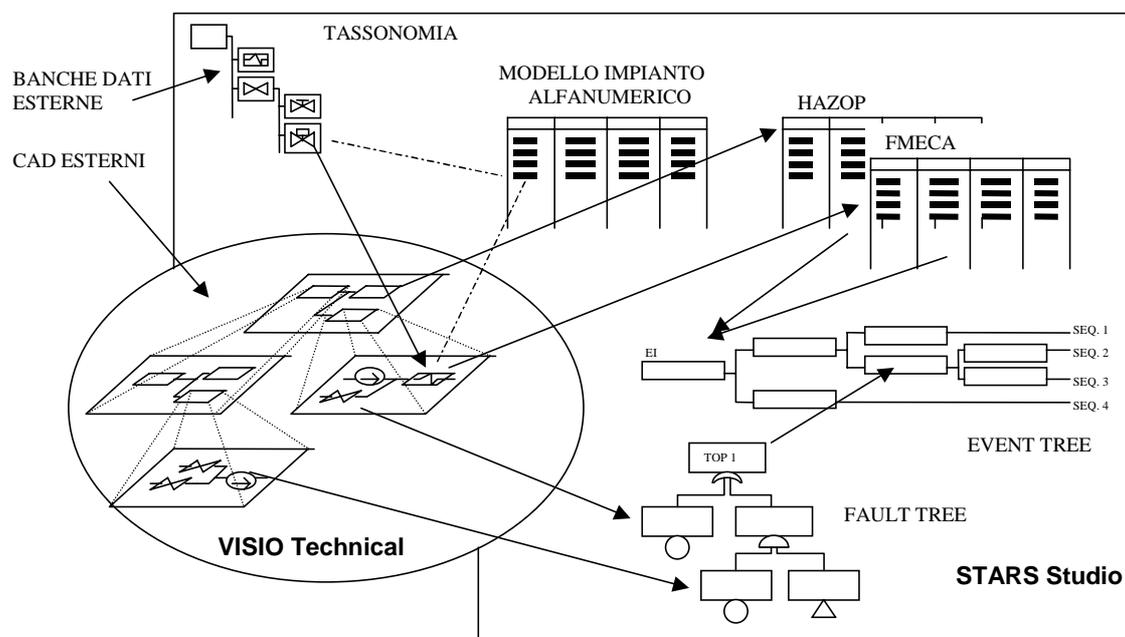


Figura 1: Struttura del software STARS Studio del Joint Research Centre.

L'informazione specifica relativa al singolo progetto può invece essere organizzata in **un modello di impianto** in grado di descrivere il sistema in analisi in termini di unità, processi, P&ID. La rappresentazione può essere di tipo grafico o tabellare e viene realizzata acquisendo informazioni dalle tassonomie sopra descritte, importando file di tipo CAD preparati dai progettisti oppure alimentando direttamente il modello. Tutte le informazioni inserite direttamente potranno poi essere "generalizzate" per un uso successivo in altri progetti, mediante un loro trasferimento nelle tassonomie di pertinenza.

La rappresentazione grafica del modello di impianto e l'interfacciamento agli standard CAD avviene mediante una completa integrazione dell'ambiente STARS Studio con il prodotto commerciale VISIO Technical.

Ogni modello, sia esso di tipo puramente alfanumerico o dotato anche di rappresentazione grafica su VISIO, è costituito da un insieme di oggetti ciascuno rappresentativo di un'unità di processo (componente di impianto); ciascun oggetto sarà poi caratterizzato da attributi che ne danno le proprietà, ad esempio i modi di guasto e relativi parametri affidabilistici per i componenti, le possibili deviazioni di processo per le unità, la dislocazione, le caratteristiche tecniche, costruttive e di manutenzione, le sostanze contenute e ogni altra informazione che l'analista riterrà utile per descrivere in modo completo il sistema.

Alcuni attributi particolari consentono all'utente di inserire localmente, oggetto per oggetto, la rispettiva tabella di Failure Mode, Effect and Criticality Analysis (FMECA) o Hazard and Operability Analysis (HAZOP).

L'utilizzo di STARS Studio ai fini dell'analisi qualitativa e **identificazione dei pericoli** si basa proprio su queste tabelle di **FMECA e HAZOP** inserite localmente nel modello. Un modulo specifico provvede, su richiesta dell'analista, a integrare tutte le tabelle locali presenti nel modello o in una parte di esso al fine di realizzare il report tabellare completo. Lo stesso strumento consente anche di associare a ciascun failure mode o deviazione di processo una stima qualitativa di frequenza di accadimento ed entità del danno al fine di selezionare gli eventi più critici con riferimento ai criteri di accettabilità definiti su una Matrice di Rischio.

L'analista potrà così disporre di una catalogazione degli eventi considerati in funzione del loro livello di rischio, nonché delle statistiche che gli permettono di capire come sono distribuiti gli eventi in termini di

frequenza di accadimento, entità del danno e rischio associati.

Il supporto all'analisi quantitativa è fornita da uno strumento per la Fault Tree Analysis ed uno per l'Event Tree Analysis.

Mediante *Fault Tree Analysis*, come risaputo, è possibile stimare affidabilità e/o disponibilità dei sistemi o probabilità di accadimento di eventi indesiderati, identificare gli eventi elementari critici che maggiormente contribuiscono all'evento indesiderato, nonché introdurre considerazioni legate alle Cause Comuni di Guasto che potrebbero vanificare la presenza di sistemi ridondanti e/o protezioni multiple.

L'edizione degli alberi dei guasti viene realizzata per via grafica in modo assistito in quanto, qualora l'utente abbia realizzato un modello dell'impianto per componenti (P&ID), STARS gli permetterà di alimentare i dati necessari per caratterizzare gli eventi primari degli alberi dei guasti unicamente creando un collegamento tra l'evento stesso e l'oggetto che rappresenta il componente (con un meccanismo di copy/paste). La realizzazione di questi collegamenti oltre a facilitare e velocizzare la realizzazione degli alberi ridurrà la probabilità di errore e consentirà il "tracing" dell'informazione ed un facile aggiornamento delle analisi a fronte di modifiche progettuali o aggiornamento dei dati affidabilistici.

Lo studio delle sequenze incidentali derivanti da un evento iniziatore può essere realizzata mediante la costruzione di un albero degli eventi (*Event Tree Analysis*). Ogni sequenza viene rappresentata in STARS come una sequenza ordinata di oggetti che possono essere collegati a sistemi di protezione o ad alberi dei guasti realizzati per descrivere il guasto di un sistema o l'accadimento di uno specifico evento. Il collegamento consente chiaramente il diretto trasferimento della probabilità di accadimento dell'evento sull'Event Tree e quindi una rapida stima delle frequenze di accadimento di ciascuna sequenza incidentale.

STARS offre inoltre la possibilità di caratterizzare ogni sequenza incidentale con un valore di danno, consentendo così una *stima del Rischio* associato a ciascuna sequenza.

Al termine dell'analisi le sequenze potranno essere classificate in termini di frequenza, danno e rischio.

Il collegamento tra Fault Tree ed Event Tree oltre a consentire ancora una volta il tracing dei risultati e il rapido aggiornamento di tutto il flusso dell'analisi a seguito di modifiche sui dati, sul progetto o sugli alberi dei guasti, consente anche un'analisi dell'albero degli eventi in modalità Fault Tree Linking onde semplificare le eventuali dipendenze presenti tra gli eventi che costituiscono la sequenza incidentale e quindi evitare errori grossolani che potrebbero sottostimare il rischio associato.

3 I PROBLEMI APERTI PER L'ANALISI DI SEQUENZE INCIDENTALI

STARS Studio, pur assistendo adeguatamente gran parte dell'analisi di sicurezza, non offre un supporto all'analista per la simulazione deterministica delle sequenze incidentali, in termini di analisi delle conseguenze. Un prototipo era stato sviluppato in passato con riferimento alla precedente versione del software (STARS II).

Un'evoluzione di STARS Studio in questo senso, non potrebbe prescindere dal considerare alcuni aspetti legati alle reali esigenze dell'analista di sicurezza già elencate nell'introduzione:

- la necessità di organizzare una banca di modelli che permettano la simulazione dei fenomeni (rilasci, dispersioni, incendi, esplosioni,...), nella quale l'analista sia guidato nella fase di scelta tra più modelli, per ciascun fenomeno, sulla base del dettaglio dell'analisi che deve effettuare, della qualità del modello e di altri eventuali vincoli;
- la possibilità di disporre di uno strumento di simulazione aperto, in cui l'analista possa combinare modelli propri e modelli altrui per caratterizzare meglio la sequenza incidentale specifica da analizzare;
- la necessità di abbinare alla simulazione deterministica delle sequenze incidentali, una valutazione statistica che quantifichi l'incertezza dei risultati ottenuti;
- il rapido accesso ad una banca dati per la caratterizzazione fisico-chimica delle sostanze;
- la necessità di integrare gli strumenti di analisi con strumenti GIS di rappresentazione territoriale;
- la necessità, anche a seguito delle indicazioni della nuova Seveso II, di trattare al meglio gli effetti DOMINO;
- la necessità di migliorare l'analisi di vulnerabilità, molto spesso trattata in modo semplicistico, frequente causa di notevole incertezza sui risultati dell'analisi di rischio.

3.1 La necessità di uno strumento "aperto"

La stima delle conseguenze di un incidente si basa sulla disponibilità di una serie esauriente di modelli di calcolo in grado di simulare in modo efficace gli eventi attraverso cui si sviluppa la sequenza incidentale (solitamente dovuti al rilascio di sostanze pericolose con lo sviluppo di incendi, esplosioni, dispersioni di inquinanti). Per quanto il parco modelli possa essere completo ed affidabile, può sorgere l'esigenza di utilizzare modelli diversi da quelli proposti. Per questo è opportuno che il sistema software abbia la struttura e l'architettura di "ambiente" e, quindi, consenta l'uso di procedure e moduli predisposti per le specifiche

esigenze. E' auspicabile inoltre che esso possa interfacciare comuni programmi di calcolo per eseguire algoritmi implementati ad hoc dall'analista. Il software deve cioè essere "aperto". Questa caratteristica è pressoché assente nei prodotti commerciali attualmente in uso.

3.2 Valutazione dell'incertezza sui risultati

Nessuno degli strumenti di analisi attualmente disponibili è in grado di trattare dati affetti da incertezza. Nella realtà è piuttosto comune avere una conoscenza imprecisa dei dati di input di un problema.

I.T.E.R.E. prevede lo studio e lo sviluppo di un modulo che accetterà e fornirà dati affetti da incertezza consentendo di ottenere un risultato caratterizzato da un range di soluzioni.

3.3 Banche dati sostanze

A supporto dei modelli per il calcolo delle conseguenze, è indispensabile disporre di un'adeguata base di dati, soprattutto per quanto riguarda le proprietà fisico-chimiche delle sostanze di comune utilizzo industriale. Molti strumenti software incorporano una banca dati sostanze ma la maggior parte di esse si rivela insufficiente dato l'esiguo numero di voci presenti. In alcuni casi esiste la possibilità di integrare la banca dati aggiungendo nuove sostanze; l'utente è spesso costretto ad inserire un'enorme quantità di dati tra cui coefficienti non facilmente reperibili in letteratura. Sarebbe auspicabile disporre di una base di dati sufficientemente vasta in grado di soddisfare totalmente le esigenze di un analista in modo da costringerlo solo raramente ad intervenire per aggiungere dai dati; nel momento in cui questo dovesse accadere, egli dovrebbe trovare interfacce di immediata comprensione e agevole utilizzo. La banca dati dovrebbe essere implicitamente collegata con i modelli di calcolo delle conseguenze in modo che, una volta specificata la sostanza coinvolta nell'evento in esame, il programma provveda automaticamente ad importare i dati necessari alla simulazione. Va osservato che questa esigenza è di carattere generale nella realizzazione di un ambiente integrato come è STARS Studio; è auspicabile, infatti, che il sistema trasferisca automaticamente al modello di calcolo il maggior numero di informazioni possibili attingendo dalla base di dati in suo possesso (tassonomia per STARS).

3.4 Rappresentazione dei risultati in ambiente GIS, analisi di vulnerabilità, Effetto Domino

Un notevole aiuto all'analista deriva dalla capacità dei software di analisi di visualizzare i risultati direttamente sulle rappresentazioni planimetriche e cartografiche del sito in esame sotto forma di cerchi di danno e isolinee di vario tipo. L'interazione con mappe territoriali, infatti, oltre a fornire una descrizione significativa degli effetti di un incidente, soprattutto ai fini della pianificazione delle emergenze, si rivela determinante nell'affrontare situazioni incidentali comportanti lo sviluppo di Effetti Domino. L'importanza di una corretta analisi degli effetti domino, oltre che palesata dalla pratica, è ribadita dalla direttiva SEVESO II: nonostante ciò, l'analista non dispone attualmente di strumenti in grado di agevolare questo delicato compito. Oltre al già citato aspetto delle mappe territoriali la questione coinvolge il problema della stima della vulnerabilità. Un software completo non potrebbe prescindere dal contenere una serie di modelli per stimare gli effetti di un incidente sugli esseri umani e sulle strutture per guidare l'analista nella definizione del danno causato e per individuare eventuali effetti domino.

Dalle considerazioni qui riportate è nata l'idea di sfruttare la flessibilità e le potenzialità di STARS Studio anche ai fini della simulazione degli scenari incidentali descritti nell'albero degli eventi, introducendo la possibilità di effettuare l'analisi delle conseguenze di incidente. Nel prossimo paragrafo si descrive l'evoluzione di STARS Studio in STAR S Domino, realizzata nell'ambito del Progetto I.T.E.R.E..

4 IL SOFTWARE STARS DOMINO

STARS Domino nasce dalla versione STARS Studio e ne utilizza tutte le potenzialità in termini di organizzazione dei dati e della conoscenza, modellazione di impianto, collegamenti tra gli oggetti e le strutture di analisi, reporting, collegamento con gli strumenti VISIO e Microsoft Office.

Ciò che è stato implementato ex-novo riguarda essenzialmente la possibilità di lanciare dall'ambiente STARS moduli software sviluppati autonomamente per la simulazione dei fenomeni incidentali e la rappresentazione dei risultati delle analisi in ambiente GIS. Una rappresentazione schematica dell'evoluzione del software è riportata in figura 2.

In questo capitolo si analizzano nel dettaglio le soluzioni adottate per ciascuna fase dell'analisi delle conseguenze.

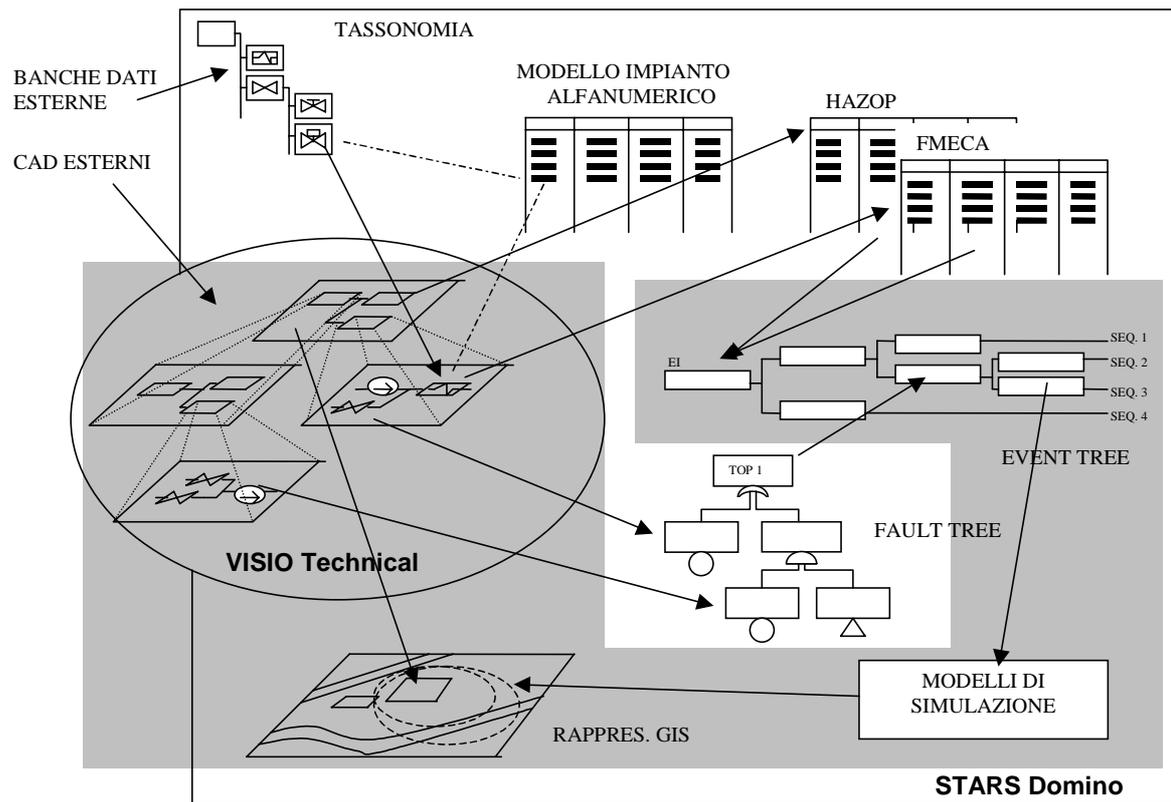


Figura 2: Struttura del software STARS Domino.

4.1 Descrizione degli scenari incidentali

La descrizione degli scenari incidentali avviene attraverso lo strumento di Event Tree editing. La sequenza incidentale infatti viene ricostruita concatenando diversi oggetti, il primo descrittivo dell'evento iniziatore, i successivi relativi ai diversi fenomeni che si innescano (rilasci, incendi, esplosioni, ecc.) o a guasti dei sistemi di protezione. Gli oggetti relativi ai fenomeni sono organizzati in una tassonomia specifica. Questi oggetti oltre ad avere una caratterizzazione probabilistica che permetterà di valutare le frequenze di accadimento delle sequenze incidentali, rappresentano l'interfaccia utente in STARS verso i modelli di simulazione.

Ciascun oggetto infatti contiene al suo interno: tutte le informazioni necessarie per "lanciare" un modello di simulazione esterno a STARS, i dati necessari per la simulazione, una struttura dati in grado di riceverne i risultati, nonché le interfacce di colloquio con il modello stesso.

Selezionando l'evento da simulare sulla rappresentazione Event Tree, l'analista potrà compilare i dati necessari al modello, chiedere eventualmente a STARS di recuperare i dati da altri modelli che lo precedono nella sequenza e/o dalle informazioni meteo sul sito e/o dalla tassonomia sostanze o dal modello di impianto e quindi lanciare l'esecuzione della simulazione. Al termine della simulazione, il modello restituirà i risultati ottenuti in STARS al fine di organizzare i report di analisi ed effettuare le rappresentazioni grafiche in termini di diagrammi X-Y o curve di danno. La capacità di acquisire moduli software "esterni" permette l'utilizzo di modelli sempre nuovi evitando anche operazioni complesse (ad esempio ricompilare i moduli software costituenti il sistema stesso). Al fine di agevolare l'utente è stata anche implementato un collegamento diretto con l'ambiente MATLAB, uno degli strumenti più utilizzati ai fini della simulazione numerica.

La rappresentazione dei risultati del calcolo è di tipo testuale, in forma tabellare, e grafica, con diagrammi che descrivono l'andamento nel tempo e nello spazio (cerchi di danno) dei parametri significativi per la comprensione del fenomeno in esame. STARS Domino incorpora uno strumento molto potente per la creazione e caratterizzazione dei grafici che consente di riportare i risultati di simulazioni diverse su un solo foglio per confrontarne i diversi andamenti. Per una visualizzazione globale della situazione incidentale sviluppata, l'ambiente dispone di grafici ad istogrammi che per ogni sequenza descrivono i valori di frequenza, danno e quindi rischio. Tutti gli output, siano essi grafici o testuali, possono essere esportati verso altri sistemi di comune utilizzo come l'ambiente Microsoft Office.

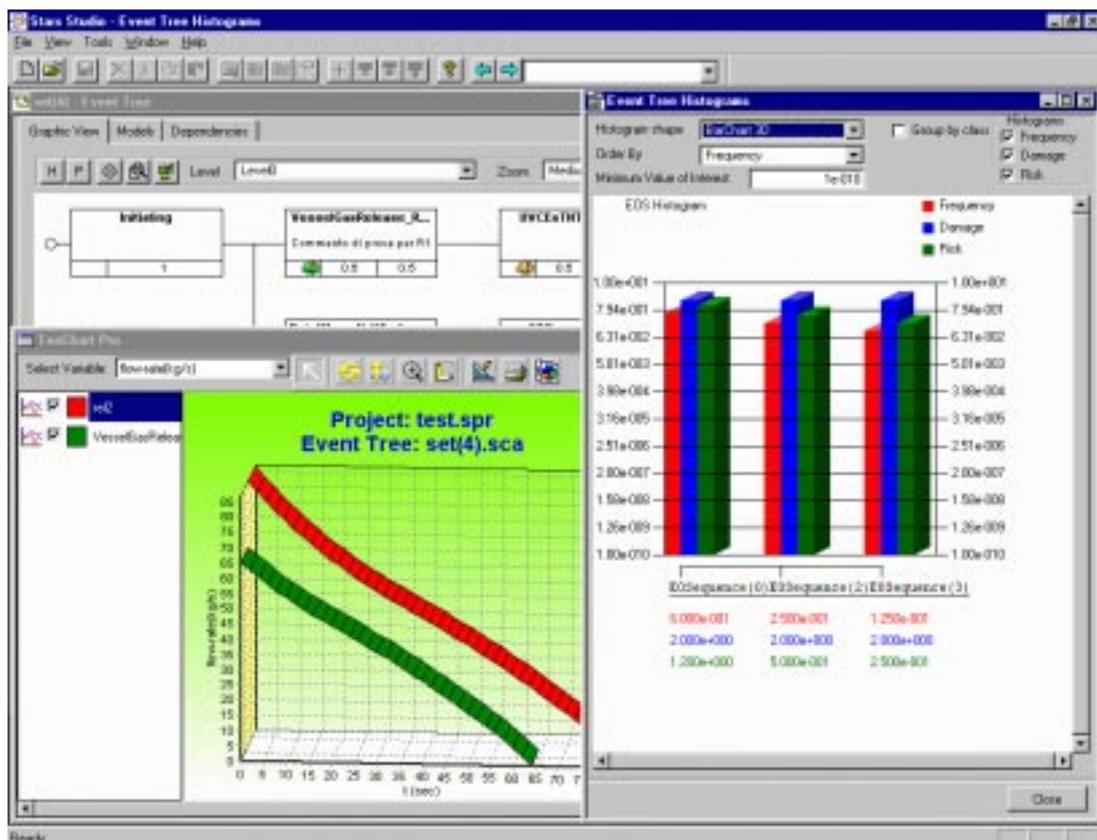


Figura 3: Lo strumento per l'analisi delle sequenze incidentali mediante Event Tree.

4.2 Rappresentazione in ambiente GIS delle curve di danno

STARS Domino consente inoltre la visualizzazione degli effetti di un incidente direttamente su rappresentazioni planimetriche e cartografiche grazie all'interazione con il software ESRI MapObject. L'utente può caricare uno o più layer relativi a rappresentazioni più o meno dettagliate del sito in esame; rispetto ad essi è possibile georeferenziare sia i componenti di impianto sia gli eventi della sequenza incidentale. Questi riferimenti consentono di posizionare in modo corretto i cerchi di danno relativi ai fenomeni studiati.

L'interfacciamento con uno strumento largamente applicato quale MapObject consente il riutilizzo durante l'analisi di rischio delle informazioni (dati demografici, cartografie, ecc.) già messe a punto da enti pubblici e privati per gli scopi più diversi.

4.3 Studio dell'Effetto Domino

Sfruttando le potenzialità consentite dalla possibilità di georeferenziare in ambiente GIS sia i componenti di impianto che le curve di danno relative agli incidenti, è stato possibile mettere a punto un sistema automatico di identificazione di potenziali Effetti Domino.

Il software è infatti in grado di relazionare gli effetti di un incidente alle caratteristiche di vulnerabilità dei componenti, di cui individua la posizione sulla mappa del sito; in questo modo esso identifica eventuali eventi iniziatori di nuove sequenze incidentali generati dalle precedenti. Qualora la possibilità di un Effetto Domino si presenti, il software segnalerà all'utente un nuovo evento iniziatore sulla struttura Event Tree in analisi.

4.4 Ulteriori sviluppi

Gli aspetti sui quali è rivolto l'impegno del gruppo dedicato allo sviluppo riguardano essenzialmente l'accessibilità a banche dati esterne per la caratterizzazione fisico-chimica delle sostanze, l'introduzione dell'analisi di incertezza nell'analisi delle conseguenze nonché l'analisi della vulnerabilità.

Per quanto riguarda i dati relativi alla caratterizzazione fisico-chimica delle sostanze oggi si opera

direttamente archiviando le informazioni sulle tassonomie di STARS. Il progetto prevede l'interfacciamento con banche dati esterne commerciali al fine di garantirne un continuo aggiornamento e ridurre l'impegno dell'analista.

L'impossibilità di effettuare una stima dell'incertezza dei risultati sulla base dell'incertezza dei dati di ingresso costituisce l'impegno del Dipartimento di Scienze Statistiche dell'Università di Padova. Lo scopo è di studiare e sviluppare uno modulo da interporre tra STARS ed i modelli esterni al fine di caratterizzare l'incertezza insita nei risultati delle simulazioni. Questa nuova potenzialità richiederà una revisione della struttura dati oggi presente in STARS in quanto le grandezze associate ai modelli dovranno essere rappresentate non soltanto attraverso i valori medi ma abbinando ad essi una "incertezza" legata alla tipologia della grandezza stessa.

Per quanto riguarda l'analisi di vulnerabilità, ai fini dell'analisi di Effetti Domino, va detto che ad oggi il sistema opera associando a ciascun componente una tabella di vulnerabilità deterministica a soglia che correla l'entità delle conseguenze di incidente (sovrappressione, carico termico, ecc.) al tipo di danno mentre la versione finale assocerà una modellistica più accurata di tipo sia deterministico sia di tipo stocastico.

La disponibilità di adeguati modelli per la stima della vulnerabilità aprirà la strada alla definizione automatica da parte del software del danno associabile ad un incidente. Allo stato attuale, infatti, i modelli di calcolo consentono di definire la gravità di un evento in termini di parametri fisici (sovrappressione, flusso termico e concentrazione di inquinante): in futuro, sarebbe auspicabile, e possibile, sfruttare al meglio l'interazione tra i vari moduli che compongono lo strumento per giungere ad una stima degli effetti in termini più tangibili, come la percentuale delle apparecchiature distrutte o l'ammontare della perdita economica.

5 L'UTILIZZO DI STARS DOMINO

Per evidenziare al meglio le potenzialità del software STARS Domino si descrive brevemente un caso applicativo relativo ad un incidente la cui trattazione ha trovato ampio spazio nella letteratura specializzata a causa della gravità e della singolarità degli eventi accaduti. Nel giugno del 1974 una violenta esplosione si verificò nell'impianto Works of Nypro di Flixborough provocando un pesante bilancio in termini di vittime e danni materiali; l'incidente si sviluppò in seguito ad un rilascio di cicloesano dovuto al tranciamento di una tubazione di collegamento provvisoria tra due dei cinque reattori di ossidazione in cascata attivi in quel momento.

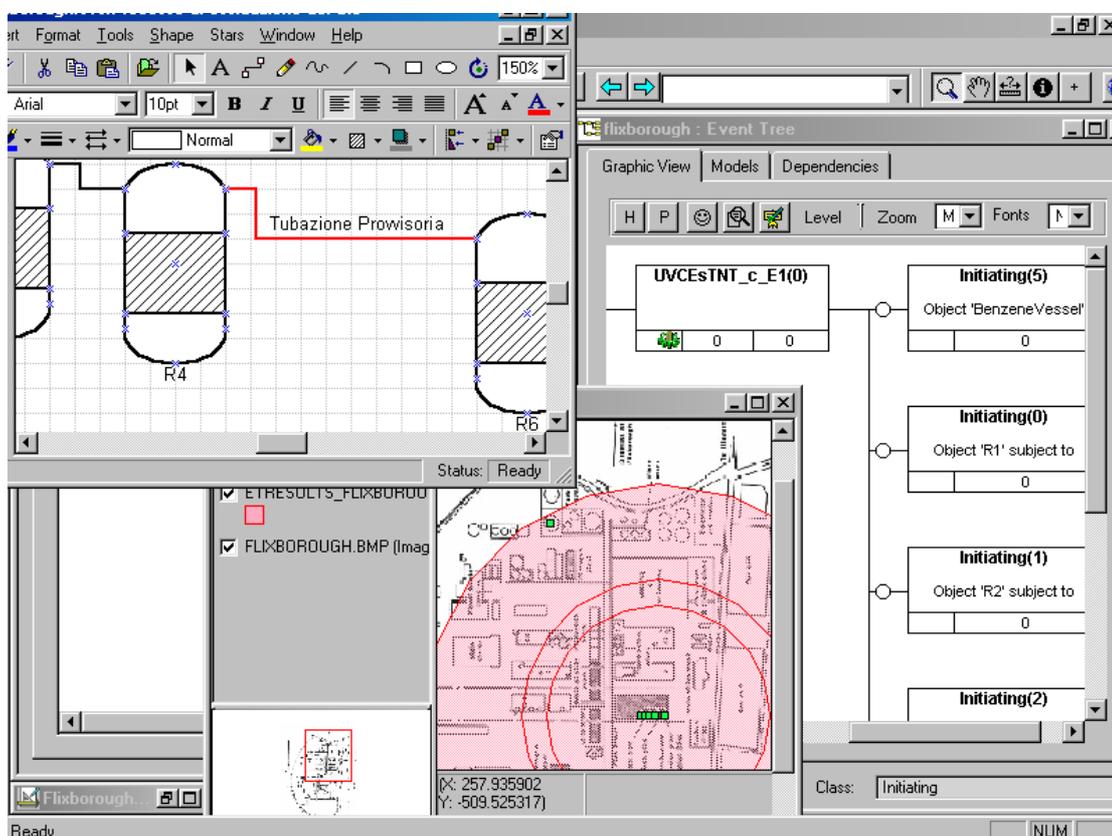


Figura 4: Generazione di curve di danno e identificazione di eventuali Effetti Domino.

Supponendo di simulare l'evoluzione del fenomeno con STARS Domino, l'analista potrebbe impostare l'analisi costruendo un modello dell'impianto in ambiente VISIO, strutturando la rappresentazione su più livelli: il livello più alto potrebbe evidenziare i vari blocchi che compongono il sito (es. reparto di ossidazione del cicloesano, parco serbatoi, magazzini...); ognuno di questi blocchi potrebbe essere rappresentato in dettaglio in vari sotto-livelli. Nel caso preso in esame, per rendere la simulazione più interessante si ipotizza la presenza di un serbatoio cilindrico verticale contenente benzene situato a circa 300 metri dal luogo dell'esplosione. La rappresentazione conterà quindi di due sotto-livelli: uno per l'impianto di ossidazione e uno per l'impianto di stoccaggio del benzene. Per ogni oggetto visualizzato l'analista provvederà a definire le caratteristiche utili allo studio (es. dimensioni, condizioni operative, soglie di danno...).

A questo punto si potrà costruire l'albero degli eventi partendo dall'evento iniziatore "Rottura della tubazione di collegamento"; ad esso seguiranno opportuni eventi, ciascuno abbinato ad un modello contenuto della tassonomia modelli di STARS. In particolare vengono utilizzati due modelli: il primo per simulare il rilascio di cicloesano, il secondo per simularne l'esplosione. I dati per alimentare i due modelli vengono recuperati direttamente da STARS nel modello di impianto e nella tassonomia sostanze.

Eseguiti i modelli, si effettua la georeferenziazione dei componenti e degli eventi, dopo aver caricato una rappresentazione planimetrica del sito; il sistema dispone automaticamente i cerchi di danno sulla mappa. Non rimane che verificare la possibilità che si sviluppino incidenti secondari in seguito all'esplosione. Selezionata l'apposita funzione, STARS Domino provvede a ricercare i componenti sottoposti ad una sovrappressione superiore al loro valore critico e a disporre conseguentemente nuovi eventi iniziatori. Si nota così come il serbatoio di benzene sia soggetto a condizioni tali da rendere probabile una sua rottura, seppure non catastrofica, ed un conseguente rilascio di sostanza infiammabile. Il nuovo evento iniziatore suggerito dall'analisi Domino viene quindi automaticamente inserito nell'albero degli eventi e l'analista potrà procedere all'analisi degli scenari che esso è in grado di scatenare.

6 CONCLUSIONI

A seguito della definizione degli obiettivi che ci si è posti con il progetto I.T.E.R.E., che consentirà la creazione di una banca dati di modelli per l'analisi di fenomeni incidentali, è subito emersa la necessità di uno strumento di elevata flessibilità in grado di gestire, integrare e confrontare modelli di provenienza diversa. Queste caratteristiche sono state individuate in STARS Studio che pertanto è diventato lo strumento di riferimento per il progetto.

Ad oggi STARS Studio è stato potenziato proprio per garantire la struttura "aperta" necessaria ad ospitare modelli di diversa provenienza, ma anche per rendere assai più rapida ed efficace l'azione dell'analista, mettendo a sua disposizione un efficace sistema di trasferimento dei dati dalle banche dati ai modelli stessi una diretta rappresentazione su strumenti GIS del danno associati ai fenomeni studiati, un aiuto nell'identificazione di Effetti Domino.

Altri aspetti, seppure importanti sono per ora solo abbozzati e sono ancora in fase di studio, tra questi ricordiamo in particolare:

- l'introduzione di una stima delle incertezze che caratterizzano le simulazioni di incidente,
- il potenziamento dei modelli atti a caratterizzare la vulnerabilità delle persone e delle strutture, in particolare ai fini dell'identificazione di Effetti Domino,
- un flessibile collegamento con banche dati commerciali per la caratterizzazione fisico-chimica delle sostanze.

Quando anche questi aspetti saranno implementati, si potrà disporre di uno strumento molto duttile ed efficace, in grado, quindi, di soddisfare non solo i vincoli definiti all'interno del progetto I.T.E.R.E. ma più in generale le esigenze degli analisti che giornalmente si scontrano con la difficoltà di utilizzare strumenti distinti (con difficoltà di integrazione dei dati/risultati), strumenti "chiusi" (contenenti ipotesi modellistiche di non facile interpretazione) e, soprattutto, strumenti privi di una valutazione non "certa" dei risultati e, di conseguenza, meno aderenti alle dinamiche evolutive dei fenomeni reali.

E' interessante sottolineare che l'ambiente STARS, nato e maturato per studi sugli eventi incidentali disastrosi, rappresenta la piattaforma ideale per un approccio più sistematico nell'ambito della più generale fenomenologia ambientale.