



Strit

PROGETTO STRIT – Strumenti e Tecnologie per la gestione del Rischio delle Infrastrutture di Trasporto.

**Obiettivo Realizzativo OR5
Interventi dimostratori**

Risultato RT D.5 – Sez. X.X
Esempi applicativi piattaforma WebGIS
Attività 5.X

Revisione	Data	Redazione	Convalida	Approvazione
Rev. 00			R. Zinno	C. Pascale



Contributi al Risultato D5

Partner	Contributo	Data	Redazione
UNINA (DiSt) 	A 5	30/09/2015	Andrea Miano, Stefano Carozza, Raffaele De Risi, Hossein Ebrahimian, Fatemeh Jalayer
(LOGO)			
(LOGO)			
(LOGO)			

SOMMARIO

1	ABSTRACT	4
2	DSS Connettività Post-Emergenza per una rete di infrastrutture viarie	6
2.1	Descrizione.....	6
2.2	Analisi di connettività.....	7
2.3	Simulazione dello stato di danno delle infrastrutture	8
2.4	Informazioni affidabilistiche sulla connettività	9
2.5	Ranking dei percorsi alternativi	10
2.6	Note per il modulo network_reliability che compone il DSS	11
2.7	Note per il modulo optim_multicriteria che compone il DSS	15
3	DSS per la gestione di una rete di infrastrutture viarie.....	17
3.1	Descrizione.....	17
3.2	Modulo shake maps	17
3.3	Modulo direct loss assessment	20
3.4	Note per la routine Network_management.....	23
3.5	References	28
4	DSS per Retrofit Decision Making	29
4.1	Informazioni relative ai file di Input	30
4.2	Informazioni relative ai file di Output	31
4.3	Esempio illustrativo	32
5	DSS per Bridge Transitability.....	2
5.1	Informazioni relative ai file di Input	3
5.2	Informazioni relative ai file di Output	5
5.3	Esempio illustrativo	7
6	DSS per Bridge Management.....	9
6.1	Informazioni relative ai file di Input	10
6.2	Informazioni relative ai file di Output	16
6.3	Esempio illustrativo	18

1 ABSTRACT

In questo deliverable si presentano le routine implementate nella piattaforma web-gis con dei relativi esempi di funzionamento. La seguente tabella riassume tutti i DSS implementati.

DSS	SCALA TEMPORALE	SCALA SPAZIALE	OR PROVENIENZA
NETWORK MANAGEMENT	MEDIO TERMINE	RETE	OR2
NETWORK CONNECTIVITY	IMMEDIATO POST-EVENTO	RETE	OR2
BRIDGE MANAGEMENT	LUNGO TERMINE	SINGOLA INFRASTRUTTURA	OR2
RETROFIT DECISION MAKING	LUNGO TERMINE	SINGOLA INFRASTRUTTURA	OR2
BRIDGE TRANSITABILITY	IMMEDIATO POST-EVENTO	SINGOLA INFRASTRUTTURA	OR4

In particolare, nel Capitolo 2 viene presentata l'analisi di connettività. Tale analisi è stata utilizzata come metrica del livello prestazionale della rete dal punto di vista affidabilistico. Nell'immediato post-evento ciò si traduce nella conoscenza della probabilità con la quale differenti punti della rete restino connessi tra loro considerando il sistema rete sia da un punto di vista linkset (coi cui si valuta la probabilità che il collegamento sia garantito) sia da un punto di vista weakest-link (con cui si valuta la probabilità che almeno un percorso venga interrotto). L'affidabilità dei differenti percorsi è utilizzata come variabile in un processo di ottimizzazione multi-criteria per la prioritizzazione dei percorsi da utilizzare in fase di post-emergenza.

Nel Capitolo 3 viene presentata un procedura di gestione della rete post-evento. In particolare, il sistema di supporto decisionale per la gestione della rete post-evento ha come obiettivi quelli di calcolare le statistiche delle perdite economiche totali per la rete di infrastrutture ed individuare le infrastrutture stradali maggiormente vulnerabili dal punto di vista sismico e determinare per le stesse dei criteri di prioritizzazione per la gestione della manutenzione in larga scala.

Tale strumento consente, quindi, una precisa e rapida valutazione delle perdite economiche attese per un sistema infrastrutturale prescelto, con relativa disaggregazione dei costi e prioritizzazione del rischio, sulla base di un prescelto terremoto di scenario.

Tale lavoro può essere riprodotto in maniera quasi immediata per un qualsiasi evento sismico che possa verificarsi in futuro. Dunque tale lavoro elaborato risulta di fondamentale importanza nella gestione dell'immediata gestione post-sismica delle infrastrutture, in quanto consente, in un tempo ristrettissimo, di avere un quadro chiaro sulle perdite attese per la rete autostradale di ponti in esame, con la possibilità di valutare una priorità di intervento sui ponti maggiormente colpiti, oltretutto sulla funzionalità e percorribilità o meno di tali ponti nell'immediatezza dell'evento sismico.

Nel Capitolo 4 viene proposta un metodologia che valuta il costo del ciclo di vita atteso per un ponte che viene sottoposto ad azioni sismiche durante il suo tempo di vita, trascurando l'effetto dell'invecchiamento. In primo luogo, viene proposto un metodo per calcolare il rischio dipendente

dal tempo in termini di probabilità corrispondenti al superamento dei desiderati stati limite durante l'intera vita del ponte (considerando la sequenza di eventi sismici che possono aver luogo durante il ciclo di vita ponte).

Di conseguenza, il costo del ciclo di vita previsto è calcolato tenendo conto dei costi di costruzione iniziali, dei costi di riparazione, tenendo conto anche della perdita di reddito a causa di tempi morti, e, infine, del costo di manutenzione. I calcoli coinvolti in questa metodologia sono basati su un insieme di assunzioni precedentemente descritti. La metodologia probabilistico presentata per la valutazione del costo del ciclo di vita previsto nel presente documento può essere efficacemente utilizzata per lo screening tra le varie strategie proposte di adeguamento, pur rispettando i vincoli di affidabilità prescritti.

Nel Capitolo 5 la metodologia proposta è applicata ad una infrastruttura reale (ponte in c.a), sottoposto all'evento principale e alla sequenza innescata. Il modello non lineare 3D del ponte è costruito in Opensees. Sottolineando l'importanza di prendere in considerazione il danno cumulativo causato dalla sequenza innescata per il caso-studio, il rischio in funzione del tempo relativo a (MS + AS sequenza) è calcolato attraverso la procedura descritta. Criteri basati sui rischi per transitabilità del ponte vengono valutati in termini di probabilità di superamento varie per stato limite per il ponte. È da notare che il metodo proposto utilizza la curva di fragilità per la struttura intatta e danneggiata, che porta a risultati appropriati.

Nel Capitolo 6, infine, viene proposta una metodologia probabilistica generalizzata per l'ottimizzazione del piano di ispezioni per strutture soggette a deterioramento: (1) si considerano le incertezze associate con l'occorrenza del danno e la loro propagazione, la previsione della vita di riferimento e gli effetti delle ispezioni e della manutenzione sulla vita utile e sul costo del ciclo di vita; (2) si considerano diverse tipologie di strategie manutentive; (3) si considera il ritardo nella manutenzione.

2 DSS Connettività Post-Emergenza per una rete di infrastrutture viarie

2.1 Descrizione

Con il seguente lavoro è stato sviluppato uno strumento in grado di svolgere un ruolo determinante nella gestione delle emergenze legate ai terremoti. Tale strumento consente una precisa e rapida valutazione della prestazione di un sistema di infrastrutture viarie a valle di uno scenario sismico avvenuto.

Il principio attraverso il quale si è perseguito questo obiettivo è che in seguito ad un evento sismico una delle priorità per l'organizzazione e la mobilitazione dei soccorsi è rappresentata dalla conoscenza dello stato di efficienza delle infrastrutture di trasporto che determinano in maniera preponderante l'efficienza dei collegamenti.

In questo capitolo viene descritto il funzionamento del sistema di supporto decisionale post-emergenza presentando un esempio di collegamento tra l'ospedale San Giuseppe Moscati di Avellino e tre differenti località vicine (Pratola Serra, Lioni e Mercato San Severino). Lo scenario scelto per la descrizione del DSS è quello prodotto dall'evento storico che ha interessato la provincia il 23 novembre del 1980 con una magnitudo di 6.9.

Tutto quanto è descritto senza scendere nel particolare degli aspetti metodologici che sono stati già esaurientemente trattati nel deliverable 2.3.

In Figura 1 si riporta lo schema logico di funzionamento del DSS che nei paragrafi successivi sono ripercorsi e descritti per l'esempio riportato.

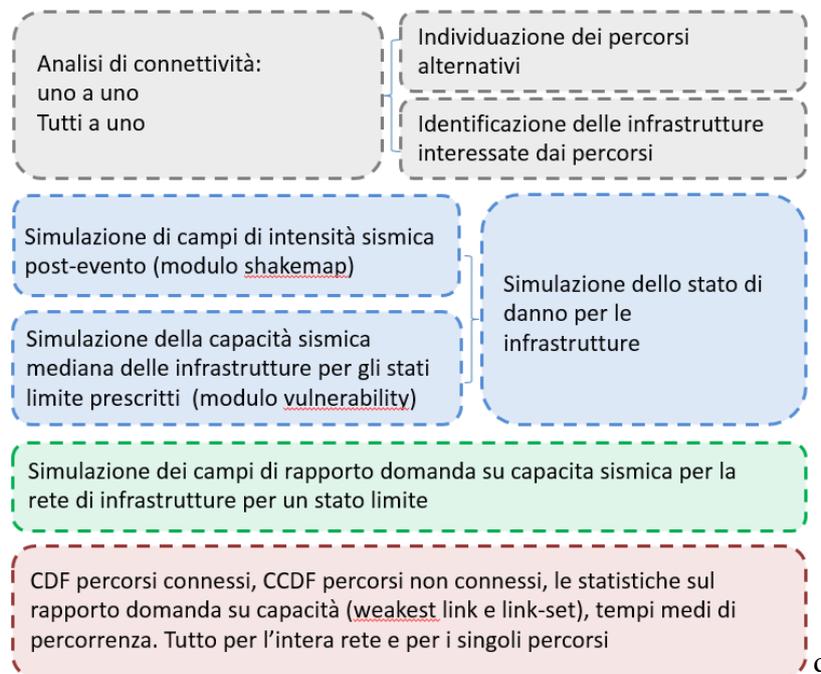


Figura 1: Schema logico di funzionamento del DSS

2.2 Analisi di connettività

Con riferimento alla località scelte, in Figura 2 si riporta la mappa in cui tali località sono evidenziate insieme ad i percorsi minimi che consentono il collegamento tra esse e l'ospedale San Giuseppe Moscati di Avellino.

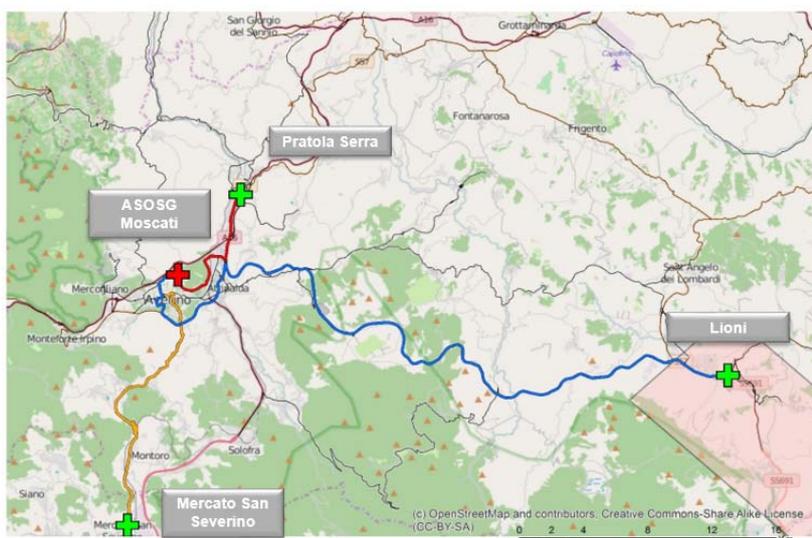


Figura 2: Localizzazione dei punti per l'analisi di connettività

Il collegamento tra i tre punti di partenza all'ospedale è un classico esempio di connettività uno-a-molti che consente di verificare lo stato prestazionale della rete sia dal punto di vista del collegamento uno-a-uno (considerando separatamente ogni località di partenza), sia dal punto di vista sistemico dell'intera rete.

Per ognuna delle località di partenza dunque, si esegue un'analisi di connettività volta ad individuare un certo numero di itinerari alternativi di collegamento. In Figura 3 si riporta la mappa in cui per ognuna delle località di partenza sono evidenziate i percorsi alternativi che consentono il collegamento con l'ospedale Moscati. In particolare in **rosso** sono rappresentati i percorsi tra l'ospedale e Pratola Serra, in **blu** i percorsi tra l'ospedale e Lioni, in **arancione** i percorsi tra l'ospedale e Mercato San Severino.

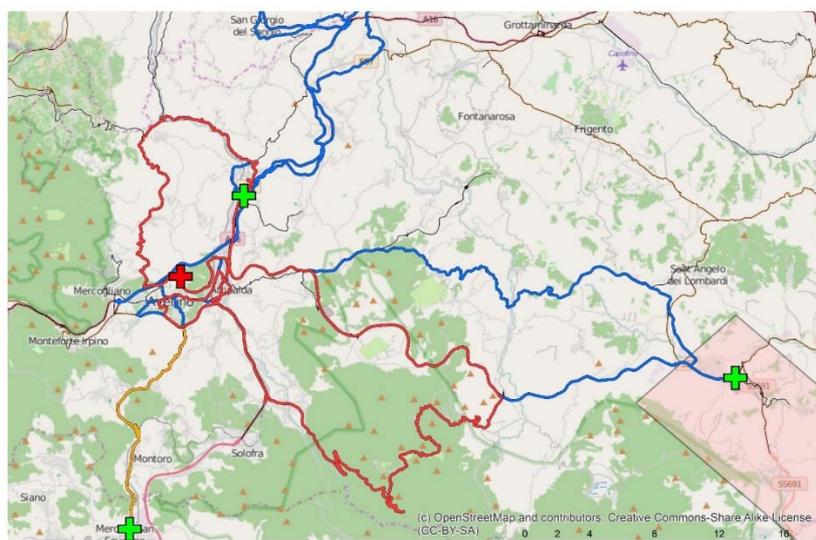


Figura 3: Itinerari alternativi per la connettività uno-a-uno

Per le diverse località, la sintesi dell'analisi di connettività uno-a-uno condotta è riportata in Tabella 1 dove coerentemente con i colori descritti in precedenza, per ognuno dei collegamenti si riportano: il numero di percorsi alternativi, la distanza minima del collegamento, la distanza media del collegamento, il tempo minimo di percorrenza, il tempo medio di percorrenza, il numero di ponti interessati dal collegamento.

Numero percorsi	3	Numero percorsi	14	Numero percorsi	5
Distanza min	10km	Distanza min	51km	Distanza min	24km
Distanza media	46km	Distanza media	71km	Distanza media	44km
Tempo min	8'	Tempo min	44'	Tempo min	21'
Tempo medio	39'	Tempo medio	61'	Tempo medio	38'
Ponti interessati	49	Ponti interessati	75	Ponti interessati	32

Tabella 1: Sintesi dell'analisi di connettività uno-a-uno

Dal punto di vista dell'intera rete invece i medesimi risultati sono riportati in Tabella 2.

Numero percorsi	22
Distanza min	10km
Distanza media	62km
Tempo min	8'
Tempo medio	53'
Ponti interessati	156

Tabella 2: Sintesi connettività dell'intera rete

2.3 Simulazione dello stato di danno delle infrastrutture

A partire dal portfolio di infrastrutture di trasporto individuate attraverso l'analisi di connettività, coerentemente con l'evento storico (scelto a titolo di esempio) che ha interessato l'Irpinia nel 1980,

sono state realizzate 1000 simulazioni di campi di PGA. In Figura 4 si riportano le mappe con i valori di PGA di domanda in corrispondenza dei ponti per due simulazioni di esempio.

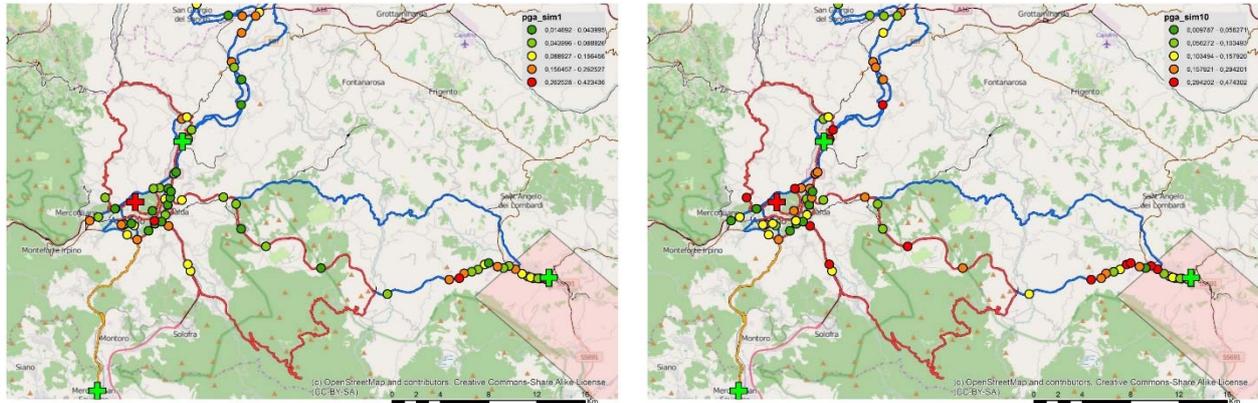


Figura 4: Simulazioni di due campi di PGA a partire dall'evento di Irpinia-Basilicata del 1980.

Parallelamente alle simulazioni della PGA di domanda, anche la capacità sismica dei ponti viene simulata a partire dalla curva di fragilità rappresentativa della vulnerabilità sismica dell'intero portfolio ($\mu = 0.602g$, $\beta = 0.095$) considerando lo stesso completamente correlato ed omogeneo. In questo modo per ognuna delle simulazioni è possibile valutare il rapporto prestazionale domanda su capacità ed ottenere così una distribuzione di tali rapporti per ognuna delle infrastrutture. In Figura 5 si riporta una mappa con i valori medi di tali rapporti.

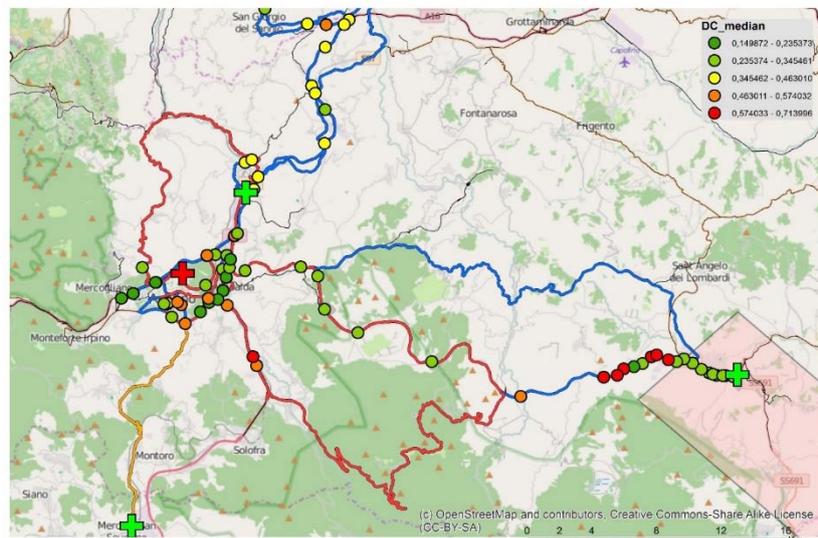


Figura 5: Rapporti di Domanda su Capacità medi dei infrastrutture interessate

2.4 Informazioni affidabilistiche sulla connettività

Dal punto di vista affidabilistico, ad ogni percorso vengono associati due valori di rapporti domanda su capacità: uno preso come massimo valore di D/C tra i ponti del percorso per le diverse simulazioni secondo un approccio weakest-link ($D/C_{\text{weakest-link}}$), l'altro preso come minimo valore di D/C tra i ponti del percorso per le diverse simulazioni secondo un approccio link-set ($D/C_{\text{link-set}}$). In Figura 6 si riportano le distribuzioni di D/C link-set (figura di sinistra) e weakest-link (figura di destra). Attraverso la distribuzione link-set è possibile determinare la probabilità che il

collegamento resti sempre connesso come $P(D/C_{ls}) \leq 1$ mentre dalla distribuzione weakest-link è possibile determinare la probabilità di perdere almeno un percorso come $P(D/C_{wl}) > 1$. Tali informazioni sono numericamente riportate in Tabella 3.

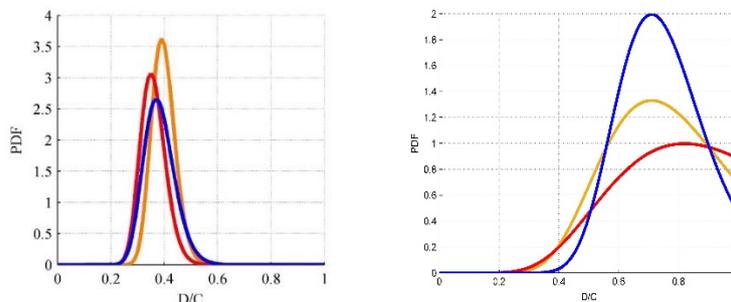


Figura 6: Rapporti domanda su capacità con approccio link-set e weakest-link

	Probabilità di perdere almeno un percorso $P(D/C_{wl}) > 1$	Probabilità di connessione della rete $P(D/C_{ls}) \leq 1$
Pratola Serra – Ospedale Moscati	42%	100%
Lioni – Ospedale Moscati	5%	100%
Mercato San Severino – Ospedale Moscati	21%	100%

Tabella 3: Informazioni affidabilistiche della rete

Per ognuna delle località scelte si riporta inoltre la curva di probabilità CCDF che esprime la probabilità di avere percorsi connessi maggiori o uguali ad un certo valore. Tali curve sono riportate in Figura 7.

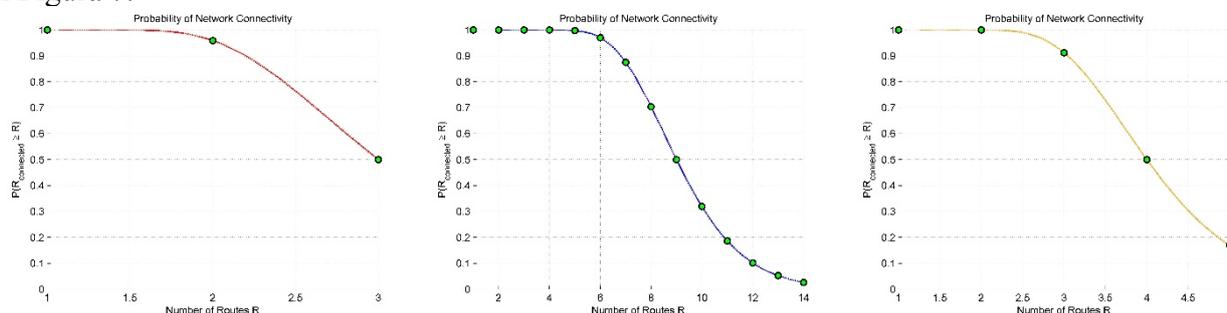


Figura 7: Probabilità del numero di percorsi connessi

2.5 Ranking dei percorsi alternativi

In ottica di coordinare le operazioni dell'immediato post-evento è possibile creare una classificazione dei percorsi che alla stesso tempo dia priorità a quelli maggiormente affidabili e con tempo di percorrenza minimo. In Tabella 4 si riporta un esempio di ordinamento dei percorsi per il collegamento tra Lioni e l'Ospedale San Giuseppe Moscati. L'ottimizzazione è stata eseguita utilizzando quanto descritto nel Deliverable 2.3 al paragrafo 3.7 con i coefficienti $c_1=0.9$, $c_2=0.1$ e $c_3=0$ rispettivamente per probabilità di failure, tempi di percorrenza e percentuale autostradale.

Percorso	Lunghezza [km]	% tratti autostradali	Tempo di percorrenza [min]	N ponti	Lunghezza ponti [km]	Perdite attese[mln €]	Probabilità' di perdita percorso
18	35.8478	0	25	3	0.526075	1.48383	0.4
19	35.9885	0	26	3	0.526075	1.48653	0.4
15	35.9928	0	26	3	0.526075	1.46842	0.4
16	36.1335	0	26	3	0.526075	1.46008	0.4
1	35.645	0	25	4	0.792664	2.33877	0.466667
2	35.8608	0	25	4	0.792664	2.36076	0.466667
10	37.6229	0	26	5	2.22133	6.84295	0.633333
11	37.7636	0	27	5	2.22133	6.70231	0.633333
12	37.8387	0	27	5	2.22133	7.01212	0.633333
13	37.9078	0	27	5	2.22133	6.66778	0.633333
6	37.464	0	26	6	2.24423	7.31173	0.7
8	37.5174	0	26	6	2.24423	6.84589	0.7
3	37.5538	0	26	6	2.24423	6.90811	0.7
4	37.6072	0	26	6	2.24423	7.06252	0.7

Tabella 4: Ranking dei percorsi con ottimizzazione multi-criteria

2.6 Note per il modulo network_reliability che compone il DSS

A 2.3.2 A2.3.3

Ricerca e sviluppo su Decision Making multi-criterio su una rete di infrastrutture; DSS per la gestione e programmazione integrata di interventi di adeguamento sismico o manutenzione regolare della rete di infrastrutture.

NOME DLL PER WEB-GIS: network_reliability.jar

versione del 21/07/2015

Note tecniche per il funzionamento del Java Archive (jar)

Stefano Carozza, Raffaele De Risi, Fatemeh Jalayer, Andrea Miano

INFORMAZIONI PRELIMINARI DI CARATTERE GENERALE RELATIVE ALLA MACCHINA SU CUI LA ROUTINE DOVRÀ GIRARE.

Affinché la routine funzioni è necessario installare l'MCR installer (versione da aggiornare insieme alle versioni di Matlab e che deve tenere conto del sistema su cui si installa, ovvero 32 o 64 bit) sul server. Inoltre, è necessario che sia installata una versione JavaTM SE Development Kit (possibilmente la più recente, anche in questo caso si deve tenere conto della versione del sistema su cui si installa).

[Se si usa windows, dopo aver installato il Development Kit, è necessario aggiornare le variabili d'ambiente con il percorso contenente la cartella bin di java; es. C:\Program Files\Java\jdkX.X.X\bin. Per aggiornare le variabili d'ambiente si va in risorse del computer, tasto destro, proprietà, protezione sistema, avanzate, variabili d'ambiente; nella sezione Path, se sono presenti altri percorsi aggiungere dopo un punto e virgola il percorso (es. C:\Program Files\Java\jdkX.X.X\bin) seguito a sua volta da un punto e virgola].

CHIAMATA DELLA FUNZIONE

Il file network_reliability.jar contiene una classe di nome Class1 con un unico metodo di nome network_reliability. Si riporta di seguito come la funzione deve essere richiamata (ad esempio da ambiente DOS, una volta che si è entrati all'interno della cartella contenente il javabuilder e la funzione stessa network_reliability.jar):

```
java -classpath javabuilder.jar; network_reliability.jar network_reliability.Class1 string1, string2, string3, string4, num1, char1, string01, string02, string03, string5, num2, strr0, strr1, strr2, num3, strrr0, IMX, IMY, string6, string7, string8, string9, string10, string11, string12, num5, char2, num6, num7, fPercPonti, fPDsitperc, fPDF_DC, mu, cov
```

Le stringhe (string) ed i caratteri (char) dovranno essere poste tra apici. Tutti gli input vanno separati da uno spazio.

INFORMAZIONI SPECIFICHE ALLA FUNZIONE *network_reliability.jar*

Informazioni relative ai file di Input

string1: la prima stringa deve contenere il percorso completo del file di testo dei percorsi alternativi identificati per raggiungere il punto B dal punto A. In particolare la matrice dei risultati ha la prima colonna corrisponde all'ID del percorso, ed a seguire per ciascuna riga sono riportati gli ID dei nodi collegati:

ID Percorso ID Nodo1 ID Nodo2 ... ID Nodoi ... ID Nodo finale

NB: string1 è un file di output della routine network analyzer.

string2: la seconda stringa deve contenere il percorso completo dello shapefile (*.shp) nel quale è contenuto il grafo della rete. È importante specificare che gli shapefile devono essere di coordinate **WGS_1984_UTM_Zone_33N**. Lo standard dello shapefile deve essere quello delle precedenti trasmissioni dal gruppo di lavoro OR2.3 a STRESS.

string3: la terza stringa deve contenere il percorso completo dello shapefile (*.shp) contenente le informazioni sui ponti. Anche in questo caso le coordinate devono essere fornite come **WGS_1984_UTM_Zone_33N**. Lo standard dello shapefile deve essere quello delle precedenti trasmissioni dal gruppo di lavoro OR2.3 a STRESS.

string4: la quarta stringa deve contenere il percorso completo del file di testo contenente alcune informazioni sui ponti interessati dai percorsi trovati. Tale foglio contiene una matrice con un numero di righe pari al numero di ponti, mentre le colonne hanno la seguente specifica:

ID Longitudine Latitudine Nome Ponte Tip di Suolo

Le coordinate devono essere fornite con sistema di riferimento **WGS_1984_UTM_Zone_33N**. Il tipo di suolo, coerentemente a quanto previsto dalle leggi di attenuazione, potrà essere A, B, C, D o E.

NB: string4 è un file di output della routine network analyzer.

num1: tale numero dovrà essere uguale a **0** o ad **1**. Se l'utente vuole scegliere la faglia tra quelle caricate sul sistema sarà pari a **0**, altrimenti, se vuole caricarla da un proprio shapefile, sarà uguale ad **1**.

char1: tale carattere dovrà essere **'E'** o **'S'**. Se l'utente vuole scegliere una faglia per riprodurre un evento del passato dovrà essere posto pari ad **'E'** altrimenti, se l'utente intende impiegare una sorgente sismogenetica, il carattere dovrà essere pari a **'S'**. Se **num1=1**, **char1** deve essere posto pari a **'n'** (ovvero none)

string01: tale stringa deve contenere il percorso completo dello shapefile delle faglie attivate dagli eventi storici. Se **num1=1**, **string01** deve essere posto pari a **'none'**.

String02: tale stringa deve contenere il percorso completo dello shapefile delle faglie intese quali sorgenti sismogenetiche. Se **num1=1**, **string02** deve essere posto pari a **'none'**.

String03: tale stringa deve contenere il nome della faglia che si intende esaminare. Tale stringa dovrà essere pari ad una qualsiasi delle stringhe contenute nei fogli di testo **NomiEventi.txt** e **NomiSorgente.txt** contenuti nella cartella **TXTNecessari** (forniti con la presente routine). Tali nomi, sono gli stessi che caratterizzano le faglie contenute negli shapefiles **Eventi.shp** e **Sorgenti.shp** contenuti nella cartella **Faglie** (forniti con la presente routine).

String5: tale stringa deve contenere il percorso completo dello shapefile (*.shp) relativo alla proiezione in superficie della faglia di interesse. Nell'immediato post-evento, tale faglia è relativa a dove è avvenuto l'evento e quindi viene identificata dai sismologi. In tempo di pace, è l'utente che può scegliere (o caricare) lo shapefile relativo alla faglia di interesse. In particolare se l'utente vuole caricarla (**num1=1**) lo shapefile può essere qualsiasi in termini geometrici (poligono, linea, punto) ed una volta caricato esso sarà indicato da **string5**. Se l'utente vuole scegliere la faglia (**num1=0** e specifica di **char1** e **string03**) lo shapefile di lavoro sarà salvato come indicato nel percorso completo **string5** a seguito di una opportuna lavorazione a partire dagli shapefiles

presenti sulla piattaforma (definiti precedentemente da **string01** e **string02**). È importante specificare che gli shapefiles (come quelli forniti con la presente routine) devono essere di coordinate **WGS_1984_UTM_Zone_33N**.

num2: tale numero dovrà essere uguale a **0** o ad **1**. Se l'utente vuole scegliere i ponti tra quelli caricati sul sistema sarà pari a **0**, altrimenti, per lavorare sul file di ponti prodotto dalla routine *network_analyzer* deve essere pari a **1**. **NB: Per questa routine deve essere posto sempre pari a 1 in quanto i ponti da considerare sono sempre quelli forniti come output da network_analyzer.**

strr0: tale stringa deve contenere il percorso completo dello shapefile dei ponti (fornito con la presente routine). Se **num2=1**, **string5** deve essere posto pari a **'none'**. **NB: Per questa routine strr0 è posto pari a string3.**

strr1: tale stringa deve contenere il percorso completo del foglio di testo contenente gli ID di tutti i ponti contenuti all'interno dello shapefile di tutti i ponti (fornito con la presente routine).

strr2: tale stringa deve contenere il percorso completo del foglio di testo contenente gli ID dei soli ponti di interesse per la routine. Tale foglio di testo contiene gli ID a seguito della selezione dei ponti sulla piattaforma se **num2=0**, oppure il file con i ponti prodotto da *network_analyzer* se **num2=1**.

num3: tale numero dovrà essere uguale a **0** o ad **1**. Se s'intende usare le stazioni caricate sul sistema sarà pari a **0**, altrimenti, se l'utente vuole caricare da un proprio foglio di testo, sarà uguale ad **1**. L'opzione di porre tale numero pari a **0**, consiste nell'impiegare il sistema immediatamente dopo l'emergenza, quindi si presuppone che il gestore della rete fornisca i dati registrati dell'evento in termini di massima PGA nelle due direzioni per ogni stazione.

strrr0: tale stringa deve contenere il percorso completo dello shapefile delle stazioni ISNET (fornito con la presente routine).

IMX: tale stringa deve contenere il percorso completo del foglio di testo (*.txt) contenente le registrazioni per ciascuna stazione in termini di massima PGA lungo x. Se **num3=1**, **IMX** deve essere posto pari a **'none'**.

IMY: tale stringa deve contenere il percorso completo del foglio di testo (*.txt) contenente le registrazioni per ciascuna stazione in termini di massima PGA lungo y. Se **num3=1**, **IMY** deve essere posto pari a **'none'**.

String6: tale stringa deve contenere il percorso completo del foglio di testo (*.txt) contenente le informazioni delle stazioni accelerometriche a disposizione. Tale foglio contiene una matrice con un numero di righe pari al numero di ponti, mentre le colonne hanno la seguente specifica:

ID	Longitudine	Latitudine	Nome Stazione	Tipo di suolo	PGA EW	PGA NS
----	-------------	------------	---------------	---------------	--------	--------

Anche in questo caso, coerentemente con le altre informazioni di base, le coordinate devono essere fornite come **WGS_1984_UTM_Zone_33N**. Il tipo di suolo, coerentemente a quanto previsto dalle leggi di attenuazione, potrà essere A, B, C, D o E. Le misure delle accelerazioni di picco (**PGA EW** e **PGA NS**) dovranno essere fornite in cm/s^2 .

Qualora non si volesse eseguire l'aggiornamento delle PGA basato sui dati provenienti dalle registrazioni, la **string6** dovrà essere semplicemente posta pari a **'none'**.

Nell'immediato post-evento i dati possono essere automaticamente scaricati dalle stazioni collegate al sistema. In tempo di pace l'utente potrà fare l'upload di un proprio file.

string7, **string8**, **string9**, **string11**, **string12**, **fPDSitperc**, **fPDF_DC**: queste stringhe sono i percorsi completi dei file di testo (*.txt), descritti più avanti, nei quali saranno memorizzati gli output del calcolo.

string10: questa stringa contiene la tipologia della legge di attenuazione da utilizzare. Per ora è implementata solo la legge di attenuazione di Bindi et al. 2011, indicata dalla stringa **'BP2011'**.

num5: questo numero è il valore di Magnitudo dell'evento considerato. Nell'immediato post-evento sarà fornito dai sismologi. Per eventi del passato, l'utente potrà inserire autonomamente il valore appropriato.

char2: questo carattere contiene il tipo di fagliazione, che potrà essere normale **'N'**, inversa **'R'**, trascorrente **'O'**, o nessuna delle tre. Nell'immediato post-evento sarà fornito dai sismologi. Per eventi del passato, l'utente potrà inserire autonomamente il valore appropriato.

num6: questo numero è rappresentativo del tipo di correlazione che si intende impiegare. Per ora è implementata l'assenza di correlazione (0) o la correlazione Esposito Iervolino 2011 (1).

num7: questo numero è rappresentativo del numero di simulazioni che si intende realizzare.

fPercPonti: percorso completo del file di testo contenente per ognuno dei ponti, il percorso (o i percorsi) di appartenenza. Questo file è prodotto dalla routine **network_analyzer**.

mu: mediana della curva di fragilità del portfolio di ponti.

cov: coefficiente di variazione della curva di fragilità del portfolio di ponti.

Informazioni relative ai file di Output

Output1 (string7): Il file di testo creato consiste in una matrice di PGA generate mediante simulazione. Il numero di righe è pari al numero di ponti che si intende esaminare. Il numero di colonne è pari al numero di simulazioni che sono state richieste. A partire da questo file è possibile eseguire un istogramma delle PGA simulate per ogni ponte.

Output2 (string8): Il file di testo generato consiste in una matrice contenente le pdf (Probability Density Function) relative alla legge di attenuazione scelta per ogni ponte. La prima riga è l'asse delle ascisse su cui la funzione è definita. Le altre righe sono relative ai ponti. (Quindi il file avrà un numero di righe pari al numero di ponti +1). Il numero di colonne è pari alla lunghezza del vettore delle ascisse.

Output3 (string9): Il file di testo generato consiste in una matrice contenente le statistiche delle pdf della legge di attenuazione scelte e delle simulazioni relative al ciascun ponte. I dati sono organizzati in una matrice con numero di righe pari al numero di ponti e con numero di colonne pari a 4 (mediana legge di attenuazione; deviazione standard legge di attenuazione; mediana simulazioni; deviazione standard simulazioni).

Output4 (string11): Il file di testo generato consiste in due valori: la probabilità di superamento dello stato limite considerato (P) ed il relativo indice di affidabilità (β) dell'intera rete.

Output5 (string12): Il file di testo generato consiste in una matrice contenente le informazioni affidabilistiche per ciascun percorso alternativo trovato. I dati sono organizzati in colonne secondo il seguente schema:

ID percorso | Lunghezza [km] | % tratto autostradale | tempo di percorrenza [min] | n° ponti interessati | Lunghezza ponti [km] | Perdita attesa[mIn€] | Probabilità di failure percorso | Indice di affidabilità percorso

Output7 (fPDsitperc): Il file di testo generato contiene la rappresentazione delle distribuzioni di probabilità dei percorsi connessi. Consiste di 2 colonne: la prima rappresenta l'ascissa, la seconda la distribuzione CCDF.

Output9 (fPDF_DC): Il file di testo generato contiene la rappresentazione delle distribuzioni di probabilità dei rapporti di domanda su capacità della rete. Consiste di 3 colonne: la prima rappresenta l'ascissa, la seconda la distribuzione PDF di $(D/C)_{\text{weakest-link}}$ e la terza la distribuzione PDF di $(D/C)_{\text{link-set}}$.

INTERFACCIA DI INPUT

2.7 Note per il modulo *optim_multicriteria* che compone il DSS

A 2.3

Ricerca e sviluppo sull'analisi di pericolosità di una rete

NOME DLL PER WEB-GIS: *optim_multicriteria.jar*

versione del 21/07/2015

Note tecniche per il funzionamento del Java Archive (*jar*)

Stefano Carozza, Fatemeh Jalayer

INFORMAZIONI PRELIMINARI DI CARATTERE GENERALE RELATIVE ALLA MACCHINA SU CUI LA ROUTINE DOVRÀ GIRARE.

Affinché la routine funzioni è necessario installare l'**MCR installer** (versione da aggiornare insieme alle versioni di Matlab e che deve tenere conto del sistema su cui si installa, ovvero 32 o 64 bit) sul server. Inoltre, è necessario che sia installata una versione **Java™ SE Development Kit** (possibilmente la più recente, anche in questo caso si deve tenere conto della versione del sistema su cui si installa).

[Se si usa windows, dopo aver installato il Development Kit, è necessario aggiornare le variabili d'ambiente con il percorso contenente la cartella bin di java; es. *C:\Program Files\Java\jdkX.X.X\bin*. Per aggiornare le variabili d'ambiente si va in risorse del computer, tasto destro, proprietà, protezione sistema, avanzate, variabili d'ambiente; nella sezione *Path*, se sono presenti altri percorsi aggiungere dopo un punto e virgola il percorso (es. *C:\Program Files\Java\jdkX.X.X\bin*) seguito a sua volta da un punto e virgola].

CHIAMATA DELLA FUNZIONE

Il file ***optim_multicriteria.jar*** contiene una classe di nome ***Class1*** con un unico metodo di nome ***optim_multicriteria***. Si riporta di seguito come la funzione deve essere richiamata (ad esempio da ambiente DOS, una volta che si è entrati all'interno della cartella contenente il ***javabuilder*** e la funzione stessa ***optim_multicriteria.jar***):

```
java -classpath javabuilder.jar; optim_multicriteria.jar optim_multicriteria.Class1 fileIn c1 c2 c3 fileOut
```

Le stringhe (string) ed i caratteri (char) dovranno essere poste tra apici. Tutti gli input vanno separati da uno spazio.

INFORMAZIONI SPECIFICHE ALLA FUNZIONE *optim_multicriteria.jar*

Informazioni relative ai file di Input

fileIn: è il percorso completo del file 'tabella.txt' prodotto come output dalla routine **network_reliability**. (Maggiori dettagli sono riportati nel documento allegato alla routine **network_reliability** nella descrizione dell'**Output5** (**string12**)).

c1: coefficiente di peso della probabilità di failure del percorso (parametro numerico compreso tra 0 e 1).

c2: coefficiente di peso del tempo di percorrenza del percorso (parametro numerico compreso tra 0 e 1).

c3: coefficiente di peso della percentuale autostradale del percorso (parametro numerico compreso tra 0 e 1).

NOTA: la somma dei coefficienti $c1 + c2 + c3$ deve essere sempre pari a 1.

Informazioni relative ai file di Output

Output1 (**fileOut**): Il file di testo creato contiene gli ID dei percorsi ordinati attraverso l'applicazione del principio di ottimizzazione multicriteria.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

A valle dell'esecuzione della routine **network_reliability**, attraverso un form si chiede all'utente di inserire i valori numerici dei tre coefficienti **c1**, **c2** e **c3**. I valori di default per i tre coefficienti possono essere rispettivamente 0.5, 0.25 e 0.25. Attraverso un pulsante presente sul form di inserimento dei coefficienti si fa girare la routine al termine della quale si mostra a video la tabella ottenuta ordinando i percorsi presenti nel file di cui all'input **fileIn** secondo gli ID riportati nel file di cui all'output **fileOut**.

3 DSS per la gestione di una rete di infrastrutture viarie

3.1 Descrizione

Con il seguente lavoro è stato sviluppato uno strumento in grado di svolgere un ruolo determinante nella gestione delle emergenze legate ai terremoti. Tale strumento consente una precisa e rapida valutazione delle perdite economiche attese per un sistema infrastrutturale prescelto, con relativa disaggregazione dei costi e prioritizzazione del rischio, sulla base di un prescelto terremoto di scenario.

Tale lavoro può essere riprodotto in maniera quasi immediata per un qualsiasi evento sismico che possa verificarsi in futuro. Dunque tale lavoro elaborato risulta di fondamentale importanza nella gestione dell'immediata gestione post-sismica delle infrastrutture, in quanto consente, in un tempo ristrettissimo, di avere un quadro chiaro sulle perdite attese per la rete autostradale di ponti in esame, con la possibilità di valutare una priorità di intervento sui ponti maggiormente colpiti, oltretutto sulla funzionalità e percorribilità o meno di tali ponti nell'immediatezza dell'evento sismico.

Le basi teoriche per esteso della procedura si possono trovare nel Deliverable 2.3. In questa sede si presenta una spiegazione del funzionamento della routine *Network_management*. Tale routine in esame si articola in due moduli principali: il primo riguarda: il primo riguarda la generazione di shake maps per le opere di interesse, mentre il secondo concerne il calcolo delle statistiche delle perdite economiche totali per la rete di infrastrutture e la disaggregazione delle perdite economiche per le singole infrastrutture della rete.

3.2 Modulo *shake maps*

Il percorso logico, sulla base del quale è stato sviluppato il primo modulo, è illustrato nel seguente flow-chart, dove è possibile seguire l'elenco di tutti gli step seguiti.

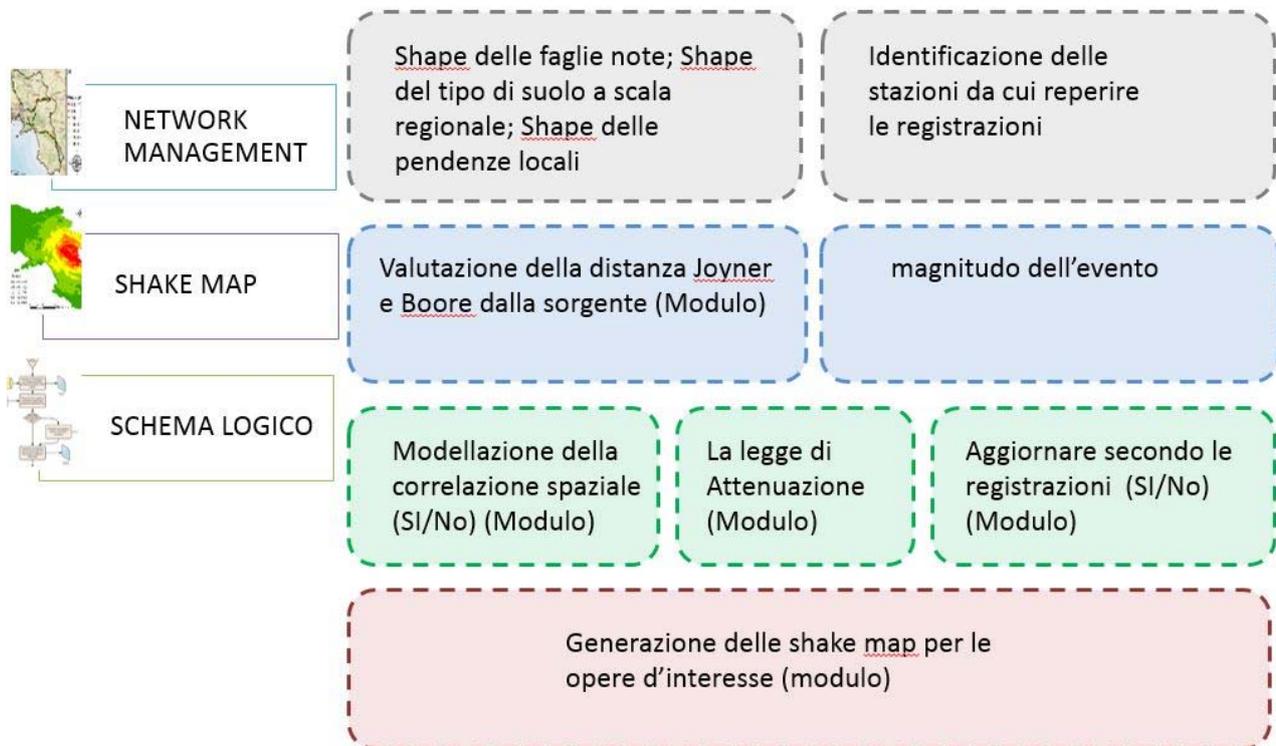


Figura 1 Schema logico per il modulo shake-maps

Il primo passo è stato la creazione di un database geo-spaziale che consiste in una serie di dati di input che hanno consentito l'implementazione di una legge di attenuazione.

Tale database geospaziale rappresenta un contenitore di tutti i dati di input per lo sviluppo delle procedure successive. Esso consiste in mappe geologiche e geografiche, che contengano tutte le informazioni utili per poter organizzare il lavoro; informazioni che sono rappresentate da:

- 1) Shape delle faglie note;
- 2) Shape del tipo di suolo a scala regionale;
- 3) Shape delle pendenze locali
- 4) Valutazione della distanza Joyner e Boore dalla sorgente (Modulo)
- 5) Magnitudo dell'evento.

Quindi, sulla base dell'implementazione di una legge di attenuazione (ad esempio Bindi-Pacor (2011)), si è proceduto alla generazione di campi di PGA per lo scenario in esame.

Più in dettaglio, la legge di attenuazione di Bindi-Pacor (2011) prevede una formulazione, che consta di un termine e_1 costante e di 4 funzioni $F_D(R, M)$, $F_M(M)$, F_s e F_{sof} , che rappresentano, rispettivamente, la funzione della distanza, la scala della magnitudo, l'amplificazione legata al sito e la correzione legata al tipo di fagliazione.

Nella valutazione di un parametro di intensità sismica tramite leggi di attenuazione, aspetto non secondario è ricoperto da due termini di errore legati alla correlazione spaziale: in particolare nella generica formulazione è presente un parametro η_j , relativo alla correlazione inter-evento, ed un parametro ε_{pj} , legato alla correlazione intra-evento.

E' possibile generare diversi campi di PGA, a partire da un vettore delle medie e da una matrice di covarianza, diversamente componibile; in particolare in un primo caso si può considerare

la correlazione completa, in un secondo si può non considerare la correlazione.

Infine è possibile effettuare un aggiornamento dei valori di PGA sulla base di quelli delle stazioni registranti il terremoto di scenario ed ottenere i relativi campi di PGA per le infrastrutture in esame, sulla base della considerazione anche di tali ulteriori dati.

La figura seguente mostra un esempio della procedura appena descritta. Si è considerata una finestra di esempio, generando campi di PGA per il terremoto dell'Irpinia ($M_w=6.9$) per tutti i ponti afferenti a quella finestra. In particolare sono stati considerati sia la correlazione spaziale completa sia l'aggiornamento con i dati delle stazioni sulla base del database disponibile. Tale database di stazioni è stato ricavato dal sito "ITACA": sono state identificate ben 21 stazioni, per le quali sono state fornite sia la tipologia di suolo che la media geometrica delle PGA. Le 21 stazioni sono distribuite tra le regioni Campania, Basilicata e Puglia. Sulla base di tali dati si sono aggiornati sia il vettore delle medie che la matrice di covarianza, necessari per generare i campi di PGA.

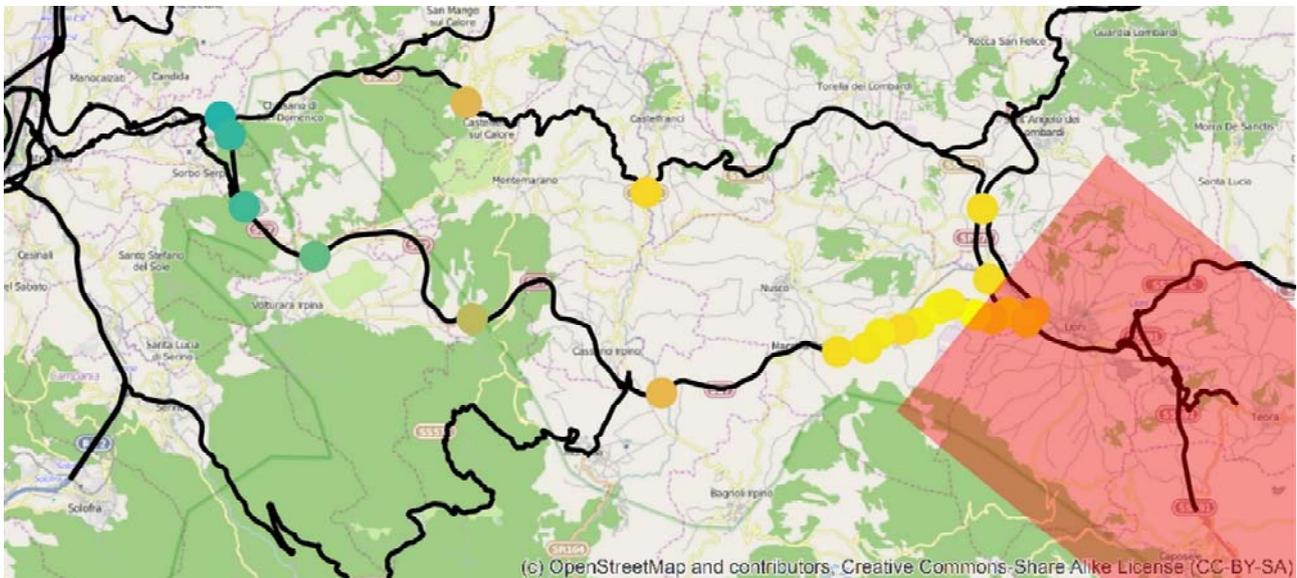


Figura 2 Shake map per le infrastrutture della finestra di esempio

Evento sismico considerato	Terremoto dell'Irpinia (23-11-1980)
Magnitudo momento dell'evento	6.9
Tipologia di fagliazione	Normale
Profondità dell'evento	30 km
Legge di attenuazione	Bindi-Pacor (2011)

Modello di correlazione spaziale	Parziale (solo termine inter evento)
Aggiornamento con i dati delle stazioni ITACA	21 stazioni considerate (14 in Campania)

Tabella 1 Riepilogo dei dati considerati per la generazione della shake map di cui sopra

3.3 Modulo direct loss assessment

A questo punto si passa ad analizzare il secondo modulo, ossia quello che ha come obiettivo finale il calcolo delle statistiche delle perdite economiche totali per la rete di infrastrutture in esame e la disaggregazione delle perdite economiche per le singole infrastrutture della rete, con relativa prioritizzazione del rischio.

Il percorso logico, sulla base del quale è stato sviluppato il secondo modulo, è illustrato nel seguente flow-chart, dove è possibile seguire l'elenco di tutti gli step seguiti, fino alla definizione degli obiettivi finali.

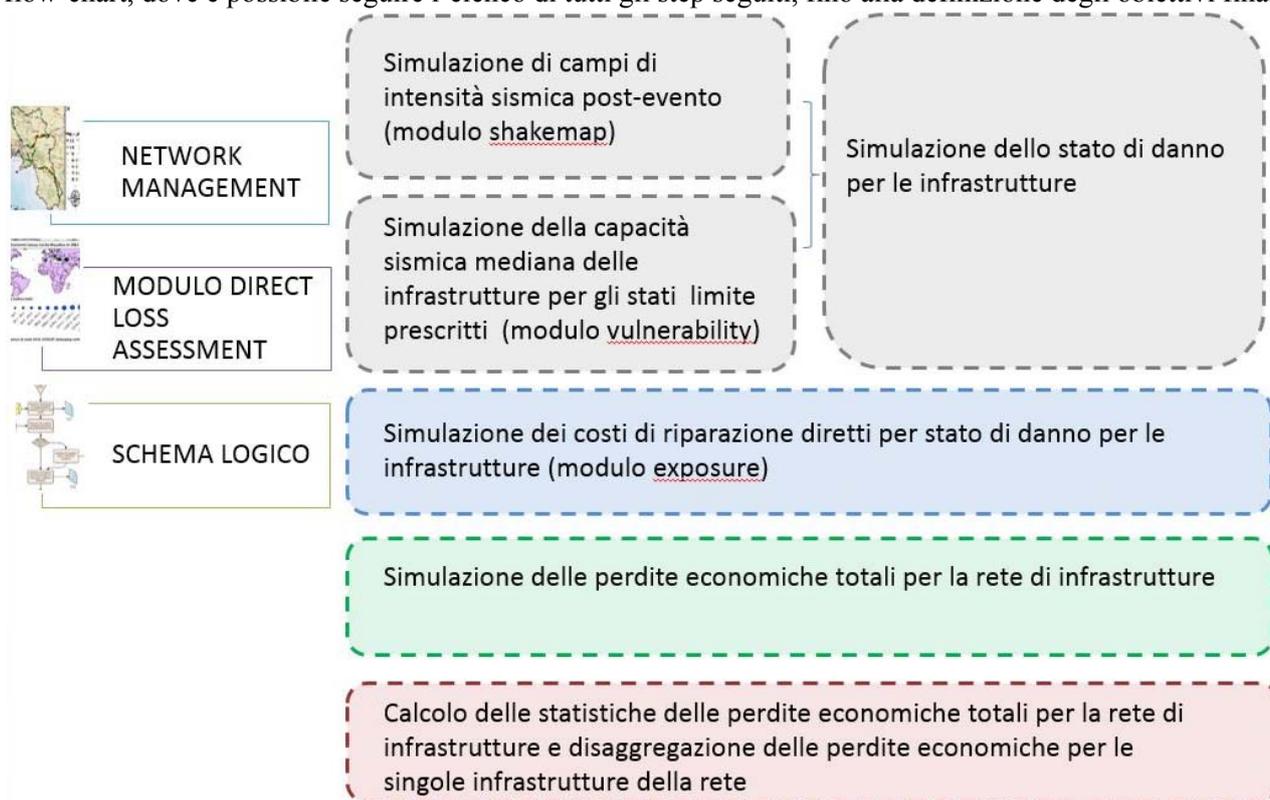


Figura 3 Schema logico per il modulo direct loss assessment

Una volta implementata la simulazione dei campi di intensità sismica post-evento (shake maps), tali dati di pericolosità sismica vanno incrociati con quelli legati alla vulnerabilità delle infrastrutture.

A tale proposito si simula la capacità sismica mediana delle infrastruttura per gli stati limite prescritti dalla normativa di riferimento. Tale capacità è espressa da curve di fragilità per il portfolio in esame relative ad ognuno degli stati limite considerati.

Ad ogni modo è importante fornire delle curve di fragilità (mediana e sigma) rappresentanti la capacità

mediana dei ponti del portfolio per tutti gli stati limite che si vogliono considerare (ad esempio si possono utilizzare le curve ricavate nell'OR1 per alcune infrastrutture della finestra di esame).

La procedura presentata equivale a sostituire i vari ponti del portfolio con un unico ponte che ha valori di capacità valutati come valori di capacità mediana per l'intero portfolio.

Incrociando i dati di pericolosità e vulnerabilità sismica, si perviene alla simulazione dello stato di danno in cui si trovano le infrastrutture.

Per capire più in dettaglio la seguente procedura, si faccia riferimento al caso di esempio di seguito riportato.

La figura seguente mostra le curve di fragilità per la capacità mediana dei ponti, con riferimento agli stati limite di danno e collasso, coerentemente con quanto scritto nell'Eurocodice 8 parte 3. Tali curve sono state ottenute con un aggiornamento bayesiano, a partire da una distribuzione prior della capacità delle infrastrutture (Borzi et al. 2014), aggiornata appunto con i dati provenienti dalle curve di fragilità di singole infrastrutture.

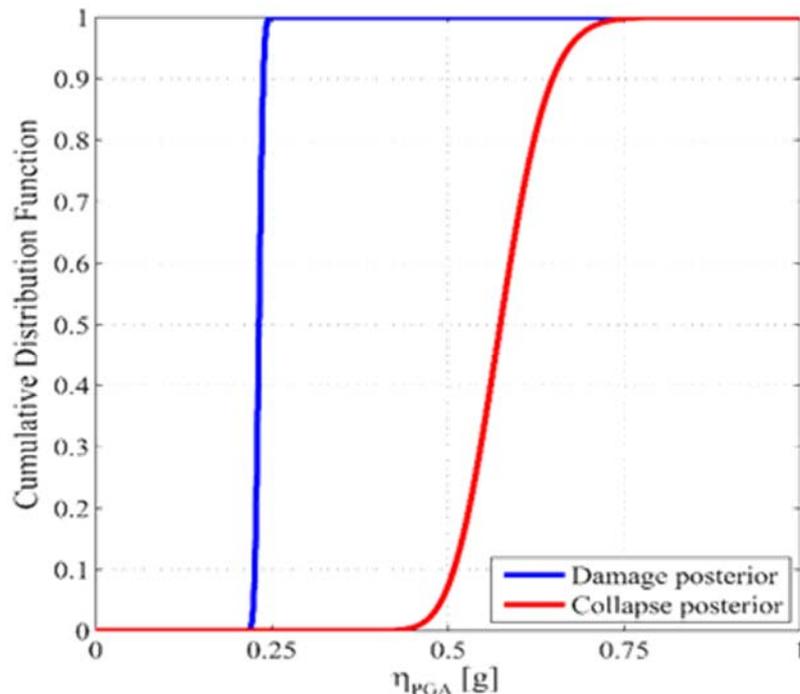


Figura 4 Curve di fragilità aggiornate per gli stati limite di danno e collasso

A questo punto, incrociando i dati di pericolosità e vulnerabilità sismica, si perviene alla simulazione dello stato di danno in cui si trovano le infrastrutture. Nel caso in esame è possibile identificare tre differenti stati di danno, a seconda del rapporto reciproco tra PGA di domanda simulata e PGA capace simulata (per ogni ponte e per ogni simulazione). La seguente formulazione riassume quanto appena detto:

$$P(ds | PGA, PGA_{LS}) = \begin{cases} ds = no \text{ damage} & PGA < PGA_{damage} \\ ds = damage \dots & PGA_{damage} \leq PGA < PGA_{collapse} \\ ds = collapse & PGA \geq PGA_{collapse} \end{cases}$$

Si passa ora alla simulazione dei costi di riparazione diretti per gli stati limite in esame per le infrastrutture del portfolio.

E' importante fornire delle distribuzioni dei costi diretti di riparazione (mediana e sigma) per i ponti

del portfolio per tutti gli stati limite che si vogliono considerare, da cui simulare i costi diretti di riparazione per stato limite.

Ritornando all'esempio di cui sopra e noto che la caratterizzazione delle perdite economiche per i ponti in letteratura consta nell'identificazione di un costo medio di riparazione per stato limite e vede una pressoché totale assenza di dati scientifici italiani; si è allargato il campo di ricerca e si è costituito un database di 38 pubblicazioni scientifiche statunitensi. Al fine di poter utilizzare i dati statunitensi, si è prima dovuto effettuare un confronto tra gli stati limite previsti per i ponti negli U.S.A. e quelli dell'EC8 parte 3. L'equiparazione tra le due tipologie di stati limite è avvenuta sulla base di un'attenta analisi sui danni strutturali e non strutturali previsti per il superamento delle due tipologie di stati limite. Siccome la caratterizzazione delle perdite economiche è stata effettuata sulla base di articoli esprimenti il costo in dollari con riferimento ad un particolare anno, si è dovuto, infine, procedere ad un'aggiornamento dei costi al 2014 nonché ad una conversione dollaro-euro.

Si presentano quindi le distribuzioni dei costi diretti di riparazione per gli stati limite di danno e di collasso.

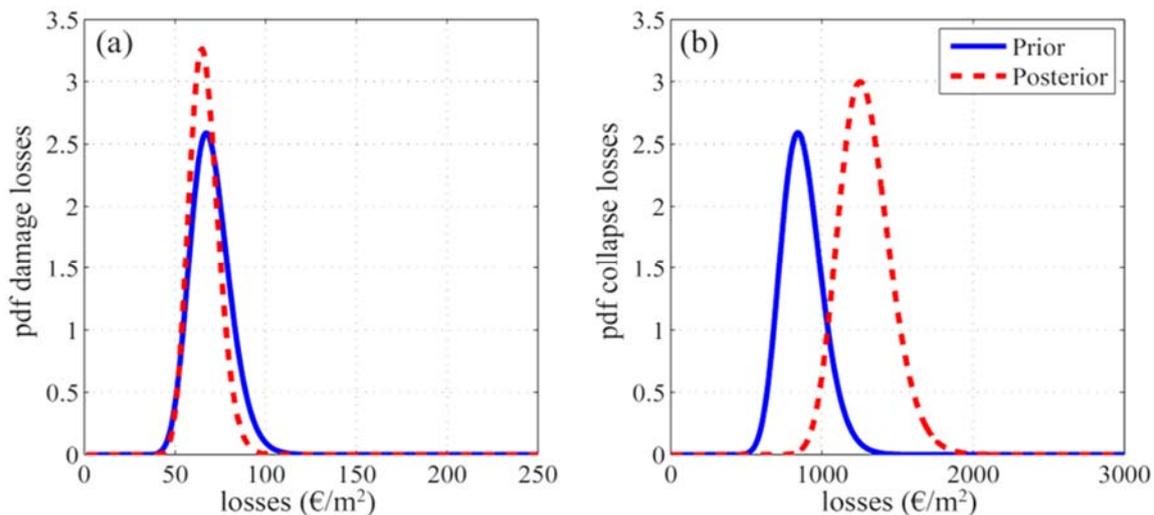


Figura 5 Distribuzione dei costi diretti di riparazione per gli stati limite di danno (sinistra) e collasso (destra)

Si implementa, quindi, la simulazione delle perdite economiche totali per la rete di infrastrutture, assegnando, per ogni simulazione e per ogni infrastruttura, ad ogni stato di danno simulato il relativo costo di riparazione, anch'esso simulato.

Una volta effettuata la simulazione delle perdite economiche come descritto, si può procedere al calcolo delle statistiche delle perdite economiche totali per la rete di infrastrutture ed alla disaggregazione delle perdite economiche per le singole infrastrutture della rete. Per quanto riguarda le statistiche delle perdite economiche, la routine in esame fornisce la media e la deviazione standard logaritmica della distribuzione delle perdite economiche per l'intero portfolio di infrastrutture.

Invece, al fine di quantificare il contributo di ogni ponte al totale delle perdite economiche dirette totali, il costo totale è disaggregato. La disaggregazione prevede dapprima il calcolo delle perdite economiche dirette totali per ogni ponte per ogni simulazione. Nella fase successiva, tali perdite simulate per ogni ponte sono normalizzate rispetto alla perdita totale per quella simulazione. Infine, la percentuale disaggregata di perdita totale per ogni ponte è calcolata come valore medio, su tutte le simulazioni, delle perdite economiche normalizzate per ponte per simulazione-calcolate nel passaggio precedente. Nell'esempio presentato, visto che il portfolio di infrastrutture è considerato omogenea (in termini di vulnerabilità ed esposizione), la disaggregazione riflette la criticità di ciascun ponte in termini di pericolosità sismica e di dimensioni dei ponti stessi.

La figura seguente descrive la disaggregazione dei costi per i ponti della finestra d'esame. E' possibile

apprezzare il contributo percentuale di ciascun ponte alle perdite complessive.

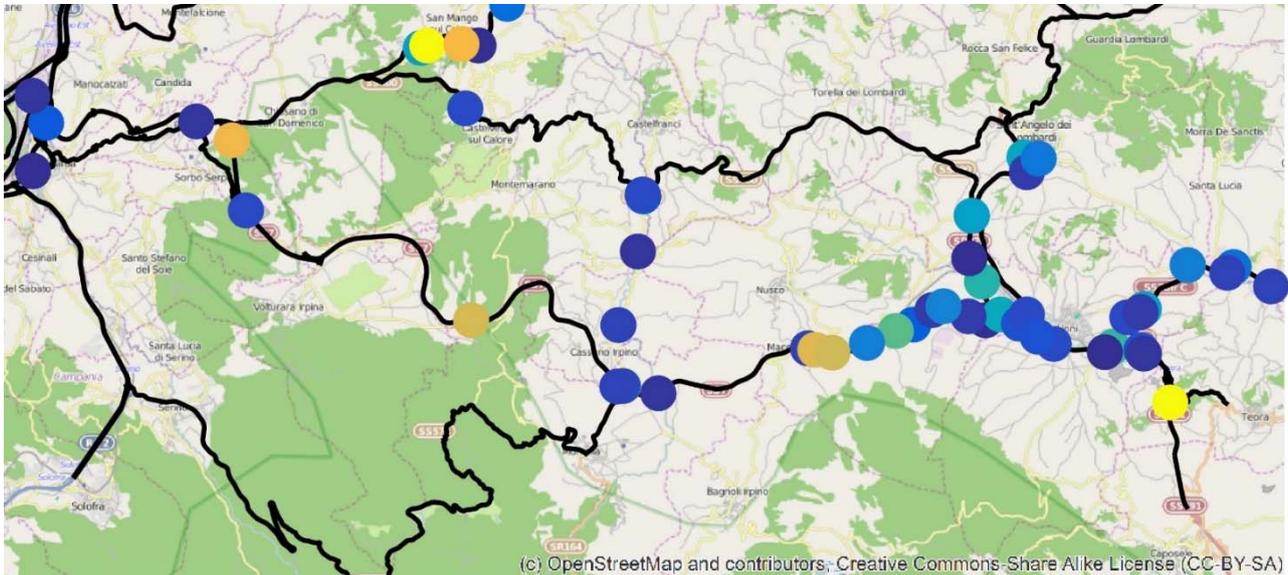


Figura 6 Disaggregazione dei costi per le infrastrutture della finestra di esempio

3.4 Note per la routine *Network_management*

DSS per la gestione e programmazione integrata di interventi di adeguamento sismico o manutenzione regolare della rete di infrastrutture

NOME DLL PER WEB-GIS: *network_manag.jar*

versione del 21/07/2015

Note tecniche per il funzionamento del Java Archive (jar)

Stefano Carozza, Andrea Miano, Fatemeh Jalayer

INFORMAZIONI PRELIMINARI DI CARATTERE GENERALE RELATIVE ALLA MACCHINA SU CUI LA ROUTINE DOVRÀ GIRARE.

Affinché la routine funzioni è necessario installare l'**MCR installer** (versione da aggiornare insieme alle versioni di Matlab e che deve tenere conto del sistema su cui si installa, ovvero 32 o 64 bit) sul server. Inoltre, è necessario che sia installata una versione **Java™ SE Development Kit** (possibilmente la più recente, anche in questo caso si deve tenere conto della versione del sistema su cui si installa).

[Se si usa windows, dopo aver installato il Development Kit, è necessario aggiornare le variabili d'ambiente con il percorso contenente la cartella bin di java; es. *C:\Program Files\Java\jdkX.X.X\bin*. Per aggiornare le variabili d'ambiente si va in risorse del computer, tasto destro, proprietà, protezione sistema, avanzate, variabili d'ambiente; nella sezione *Path*, se sono presenti altri percorsi aggiungere dopo un punto e virgola il percorso (es. *C:\Program Files\Java\jdkX.X.X\bin*) seguito a sua volta da un punto e virgola].

CHIAMATA DELLA FUNZIONE

Il file **network_manag.jar** contiene una classe di nome **Class1** con un unico metodo di nome **network_manag**. Si riporta di seguito come la funzione deve essere richiamata (ad esempio da ambiente DOS, una volta che si è entrati all'interno della cartella contenente il **javabuilder** e la funzione stessa **network_manag.jar**):

```
java -classpath javabuilder.jar;network_manag.jar network_manag.Class1 num1 str0 str01 str02 str03 str5 num2 strr0 strr1 strr2 str4 strrr strrr0 IMX IMY str6 str7 str8 str9 str10 Mw fagliazione correlazione N_Sim fEstr shapePonti fPonti fESP fstatC f_ecdfC f_cdfC f_pdfC fragCost
```

Tutti gli input vanno separati da uno spazio.

INFORMAZIONI SPECIFICHE ALLA FUNZIONE *pga_generator.jar*

Informazioni relative ai file di Input

num1: tale numero dovrà essere uguale a **0** o ad **1**. Se l'utente vuole scegliere la faglia tra quelle caricate sul sistema sarà pari a **0**, altrimenti, se vuole caricarla da un proprio shapefile, sarà uguale ad **1**.

str0: tale carattere dovrà essere **'E'** o **'S'**. Se l'utente vuole scegliere una faglia per riprodurre un evento del passato dovrà essere posto pari ad **'E'** altrimenti, se l'utente intende impiegare una sorgente simsogenetica, il carattere dovrà essere pari a **'S'**. Se **num1=1**, **str0** deve essere posto pari a **'n'** (ovvero none)

str01: tale stringa deve contenere il percorso completo dello shapefile delle faglie attivate dagli eventi storici. Se **num1=1**, **str01** deve essere posto pari a **'none'**.

str02: tale stringa deve contenere il percorso completo dello shapefile delle faglie intese quali sorgenti sismogenetiche. Se **num1=1**, **str02** deve essere posto pari a **'none'**.

str03: tale stringa deve contenere il nome della faglia che si intende esaminare. Tale stringa dovrà essere pari ad una qualsiasi delle stringhe contenute nei fogli di testo **NomiEventi.txt** e **NomiSorgente.txt** contenuti nella cartella **TXTNecessari** (forniti con la presente routine). Tali nomi, sono gli stessi che caratterizzano le faglie contenute negli shapefiles **Eventi.shp** e **Sorgenti.shp** contenuti nella cartella **Faglie** (forniti con la presente routine).

str5: tale stringa deve contenere il percorso completo dello shapefile (*.shp) relativo alla proiezione in superficie della faglia di interesse. Nell'immediato post-evento, tale faglia è relativa a dove è avvenuto l'evento e quindi viene identificata dai sismologi. In tempo di pace, è l'utente che può scegliere (o caricare) lo shapefile relativo alla faglia di interesse. In particolare se l'utente vuole caricarla (**num1=1**) lo shapefile può essere qualsiasi in termini geometrici (poligono, linea, punto) ed una volta caricato esso sarà indicato da **str5**. Se l'utente vuole scegliere la faglia (**num1=0** e specifica di **str0** e **str03**) lo shapefile di lavoro sarà salvato come indicato nel percorso completo **str5** a seguito di una opportuna lavorazione a partire dagli shapefiles presenti sulla piattaforma (definiti precedentemente da **str01** e **str02**). È importante specificare che gli shapefiles (come quelli forniti con la presente routine) devono essere di coordinate **WGS_1984_UTM_Zone_33N**.

num2: tale numero dovrà essere uguale a **0** o ad **1**. Se l'utente vuole scegliere i ponti tra quelli caricati sul sistema sarà pari a **0**, altrimenti, se vuole caricare da un proprio foglio di testo, sarà uguale ad **1**.

strr0: tale stringa deve contenere il percorso completo dello shapefile dei ponti (fornito con la presente routine).

strr1: tale stringa deve contenere il percorso completo del foglio di testo contenente gli ID di tutti i ponti contenuti all'interno dello shapefile di tutti i ponti (fornito con la presente routine).

strr2: tale stringa deve contenere il percorso completo del foglio di testo contenente gli ID dei soli ponti di interesse per la routine. Tale foglio di testo contiene gli ID a seguito della selezione dei ponti sulla piattaforma. Se **num2=1**, **strr2** deve contenere il percorso al file di testo con gli ID dei ponti selezionati dall'utente.

str4: tale stringa deve contenere il percorso completo del foglio di testo (*.txt) contenente alcune informazioni sui ponti. Tale foglio contiene una matrice con un numero di righe pari al numero di ponti, mentre le colonne hanno la seguente specifica:

ID	Longitudine	Latitudine	Nome Ponte	Tip di Suolo
----	-------------	------------	------------	--------------

Anche in questo caso le coordinate devono essere fornite come **WGS_1984_UTM_Zone_33N**. Il tipo di suolo, coerentemente a quanto previsto dalle leggi di attenuazione, potrà essere A, B, C, D o E. Nell'immediato post-evento questo calcolo può riguardare tutti i ponti (file *.txt già in memoria per tutti i ponti). In tempo di pace, l'utente può essere interessato ad un solo ponte, o ad un gruppo di ponti. In tal caso, il foglio di testo con le caratteristiche dei ponti selezionati deve essere generato ad hoc su server. Se **num2=1**, l'utente potrà caricare un foglio di testo (identificato esattamente con il percorso **str4**) che dovrà avere le stesse specifiche riportate sopra. Se **num2=0**, l'utente sceglierà uno o un gruppo di ponti. A seguito di tale scelta, sul server dovrà

essere creato un foglio di testo (identificato da **strr2**) nel quale sono contenuti gli ID degli elementi dello shapefile selezionati.

strrr: tale numero dovrà essere uguale a **0** o ad **1**. Se s'intende usare le stazioni caricate sul sistema sarà pari a **0**, altrimenti, se l'utente vuole caricare da un proprio foglio di testo, sarà uguale ad **1**. L'opzione di porre tale numero pari a **0**, consiste nell'impiegare il sistema immediatamente dopo l'emergenza, quindi si presuppone che il gestore della rete fornisca i dati registrati dell'evento in termini di massima PGA nelle due direzioni per ogni stazione.

strrr0: tale stringa deve contenere il percorso completo dello shapefile delle stazioni ISNET (fornito con la presente routine).

IMX: tale stringa deve contenere il percorso completo del foglio di testo (*.txt) contenente le registrazioni per ciascuna stazione in termini di massima PGA lungo x. Se **strrr=1**, **strrr0** deve essere posto pari a 'none'.

IMY: tale stringa deve contenere il percorso completo del foglio di testo (*.txt) contenente le registrazioni per ciascuna stazione in termini di massima PGA lungo y. Se **strrr=1**, **IMX** deve essere posto pari a 'none'.

str6: tale stringa deve contenere il percorso completo del foglio di testo (*.txt) contenente le informazioni delle stazioni accelerometriche a disposizione. Tale foglio contiene una matrice con un numero di righe pari al numero di ponti, mentre le colonne hanno la seguente specifica:

ID	Longitudine	Latitudine	Nome Stazione	Tipo di suolo	PGA EW	PGA NS
----	-------------	------------	---------------	---------------	--------	--------

Anche in questo caso, coerentemente con le altre informazioni di base, le coordinate devono essere fornite come **WGS_1984_UTM_Zone_33N**. Il tipo di suolo, coerentemente a quanto previsto dalle leggi di attenuazione, potrà essere A, B, C, D o E. Le misure delle accelerazioni di picco (**PGA EW** e **PGA NS**) dovranno essere fornite in cm/s^2 .

Qualora non si volesse eseguire l'aggiornamento delle PGA basato sui dati provenienti dalle registrazioni, la **str6** dovrà essere semplicemente posta pari a 'none'.

Nell'immediato post-evento i dati possono essere automaticamente scaricati dalle stazioni collegate al sistema. In tempo di pace l'utente potrà fare l'upload di un proprio file.

str7, **str8**, **str9**: queste tre stringhe sono i percorsi completi dei file di testo (*.txt), descritti più avanti, nei quali saranno memorizzati gli output del calcolo.

str10: questa stringa contiene la tipologia della legge di attenuazione da utilizzare. Per ora è implementata solo la legge di attenuazione di Bindi et al. 2011, indicata dalla stringa '**BP2011**'.

Mw: questo numero è il valore di Magnitudo dell'evento considerato. Nell'immediato post-evento sarà fornito dai sismologi. Per eventi del passato, l'utente potrà inserire autonomamente il valore appropriato.

fagliazione: questo carattere contiene il tipo di fagliazione, che potrà essere normale '**N**', inversa '**R**', trascorrente '**O**', o nessuna delle tre. Nell'immediato post-evento sarà fornito dai sismologi. Per eventi del passato, l'utente potrà inserire autonomamente il valore appropriato.

correlazione: questo numero è rappresentativo del tipo di correlazione che si intende impiegare. Per ora è implementata l'assenza di correlazione (**0**) o la correlazione Esposito Iervolino 2011 (**1**).

N_sim: questo numero è rappresentativo del numero di simulazioni che si intende realizzare.

fEstr: posto uguale a **str7**.

shapePonti: percorso completo dello shapefile contenente i ponti della rete stradale.

fPonti: posto uguale a **str4**.

fESP, **fstatC**, **f_ecdfC**, **f_cdfC**, **f_pdfC**: percorso completo dei file di testo di output descritti più avanti.

fragCost: percorso completo del file di testo contenente la definizione delle curve di fragilità e le distribuzioni dei costi per gli stati limite che si intende considerare. In particolare ogni riga è rappresentativa di uno stato limite e per ognuno di essi sono riportati: (1) la mediana della curva di fragilità; (2) il coefficiente di variazione della curva di fragilità; (3) la mediana dei costi; (4) il coefficiente di variazione dei costi.

Informazioni relative ai file di Output

Output1 (str7): Il file di testo creato consiste in una matrice di PGA generate mediante simulazione. Il numero di righe è pari al numero di ponti che si intende esaminare. Il numero di colonne è pari al numero di simulazioni che sono state richieste. A partire da questo file è possibile eseguire un istogramma delle PGA simulate per ogni ponte.

Output2 (str8): Il file di testo generato consiste in una matrice contenente le pdf (Probability Density Function) relative alla legge di attenuazione scelta per ogni ponte. La prima riga è l'asse delle ascisse su cui la funzione è definita. Le altre righe sono relative ai ponti. (Quindi il file avrà un numero di righe pari al numero di ponti +1). Il numero di colonne è pari alla lunghezza del vettore delle ascisse.

Output3 (str9): Il file di testo generato consiste in una matrice contenente le statistiche delle pdf della legge di attenuazione scelte e delle simulazioni relative al ciascun ponte. I dati sono organizzati in una matrice con numero di righe pari al numero di ponti e con numero di colonne pari a 4 (mediana legge di attenuazione; deviazione standard legge di attenuazione; mediana simulazioni; deviazione standard simulazioni).

Output4 (fESP): Il file di testo generato contiene il vettore di disaggregazione dei costi in cui l'i-esimo elemento rappresenta il costo atteso percentuale del ponte i.

Output5 (fstatC): Il file di testo generato contiene un vettore di 3 numeri che rappresentano rispettivamente: valore atteso delle perdite economiche in milioni di €; coefficiente di variazione percentuale delle perdite; mediana della perdite economiche in milioni di €.

Output6 (f_ecdfC): Il file di testo generato contiene una matrice di due colonne che rappresentano la CCDF empirica delle perdite economiche.

Output7 (f_cdfC): Il file di testo generato contiene una matrice di due colonne che rappresentano la CCDF delle perdite economiche.

Output7 (f_pdfC): Il file di testo generato contiene una matrice di due colonne che rappresentano la PDF delle perdite economiche.

ISTRUZIONI DI FUNZIONAMENTO

Il file **network_manag.jar** contiene una classe di nome **Class1** con un unico metodo di nome **network_manag**. Nella stessa cartella in cui è contenuto **network_manag.jar** deve essere contenuto anche il file **javabuilder.jar** specifico per la macchina (es. 32bit). La funzione restituisce in output sette files di testo contenenti solo i risultati da visualizzare. Una volta all'interno della cartella contenente la funzione, la chiamata da prompt sarà quella mostrata nel seguente esempio:

Esempio:

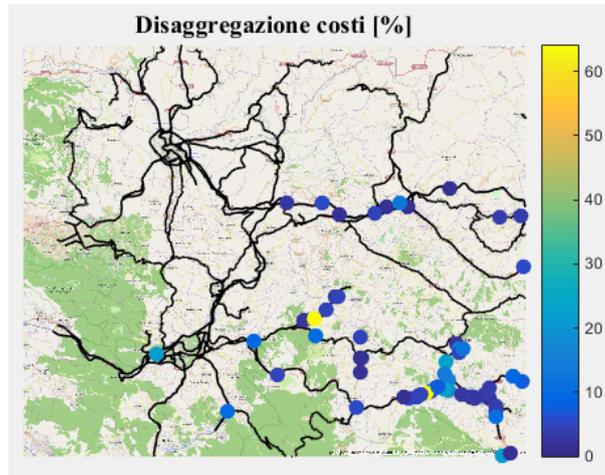
```
java -classpath javabuilder.jar;network_manag.jar network_manag.Class1 0 'E' 'Faglie\Eventi.shp'
'Faglie\Sorgenti.shp' 'Irpina-Basilicata_(1980,_Nov_23)' 'Faglie\FAGLIA.shp' 1
'shapefiles/StralcioPontiARS3.shp' 'TXTNecessari\DTuttiPonti.txt' 'TXTNecessari/Ponti.txt'
'TXTNecessari/Ponti.txt' 1 'none' 'TXTNecessari\IMX.txt' 'TXTNecessari\IMY.txt'
'Stazioni\STAZIONI.txt' 'Output\ESTRAZIONI.txt' 'Output\pdfGMPE.txt' 'Output\statistiche.txt' 'BP2011'
6.0 'N' 1 1 'Output\ESTRAZIONI.txt' 'Ponti/Ponti.shp' 'TXTNecessari/Ponti.txt'
'TXTNecessari/costi.mat' 'Output\ESP.txt' 'Output\statC.txt' 'Output\ecdfC.txt' 'Output\cdfC.txt'
```

FUNZIONAMENTO

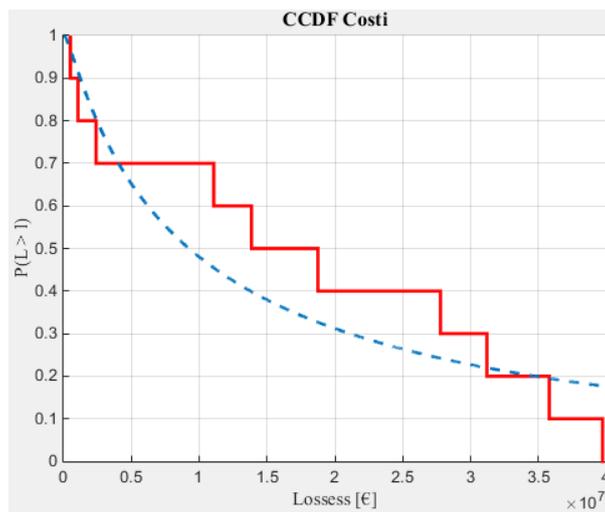
L'interfaccia grafica per l'esecuzione di questa routine è uguale a quella presentata per **pga_generator** in quanto i parametri di input **fEstr**, **shapePonti**, **fPonti**, **fESP**, **fstatC**, **f_ecdfC**, **f_cdfC** possono essere fissati senza la necessità che l'utente debba inserire i dati.

I risultati da visualizzare sono per il momento 3 e sono di seguito schematizzati:

1. Mappa con la disaggregazione dei costi in cui per ogni ponte viene rappresentato in una scala di colori dinamica il valore associato di percentuale di perdita attesa contenuto nel file **fESP**.



2. Diagramma con la sovrapposizione della CCDF empirica (file **f_ecdfC**) e della CCDF calcolata (file **f_cdfC**).



3. Informazioni statistiche sui costi attraverso una message box a video (file **fstatC**).

INTERFACCIA DI INPUT

The screenshot shows a web browser window with the URL 5.249.144.240:8085/strit/interfaccia_network_manager.shtml. The page title is "Network management". It contains several sections:

- Selezione faglia:** A dropdown menu for "Selezione tipo faglia" and a "Submit" button.
- Selezione da file locale:** A checkbox, a "Sfoglia..." button, and the text "Nessun file selezionato." with a "Submit" button.
- Selezione ponti:** A checkbox, a "Sfoglia..." button, and the text "Nessun file selezionato." with a "Submit" button.
- Capacita' e costi per stato limite:** A checkbox, a "Sfoglia..." button, and the text "Nessun file selezionato." with a "Submit" button.
- Aggiornamento PGA:** A checkbox, a dropdown menu for "Selezione storico eventi", and a "Submit" button.
- Carica nuovo txt delle stazioni:** A "Sfoglia..." button and the text "Nessun file selezionato." with a "Submit" button.
- Legge di attenuazione:** A dropdown menu set to "BP2011".
- Correlazione:** A checked checkbox.
- Magnitudo momento:** An empty text input field.
- Tipo di fagliazione:** A dropdown menu set to "Normale".
- Numero di simulazioni:** An empty text input field.

At the bottom, there are three buttons: "Submit", "Clear Form", and "Selezione input da mappa".

3.5 References

Bindi, D., F. Pacor, L. Luzi, R. Puglia, M. Massa, G. Ameri and R. Paolucci (2011). Ground motion prediction equations derived from the Italian strong motion database. *Bulletin of Earthquake Engineering* **9**(6): 1899-1920.

Borzi, B., P. Ceresa, P. Franchin, F. Noto, G. M. Calvi and P. E. Pinto (2014). Seismic Vulnerability of the Italian Roadway Bridge Stock. *Earthquake Spectra*, in press. doi:10.1193/070413EQS190M

4 DSS per Retrofit Decision Making

La metodologia proposta valuta il costo del ciclo di vita atteso per un ponte che viene sottoposto ad azioni sismiche durante il suo tempo di vita, trascurando l'effetto dell'invecchiamento. In primo luogo, viene proposto un metodo per calcolare il rischio dipendente dal tempo in termini di probabilità corrispondenti al superamento dei desiderati stati limite durante l'intera vita del ponte (considerando la sequenza di eventi sismici che possono aver luogo durante il ciclo di vita ponte). Di conseguenza, il costo del ciclo di vita previsto è calcolato tenendo conto dei costi di costruzione iniziali, dei costi di riparazione, tenendo conto anche della perdita di reddito a causa di tempi morti, e, infine, del costo di manutenzione. I calcoli coinvolti in questa metodologia sono basati su un insieme di assunzioni precedentemente descritti. La metodologia probabilistico presentata per la valutazione del costo del ciclo di vita previsto nel presente documento può essere efficacemente utilizzata per lo screening tra le varie strategie proposte di adeguamento, pur rispettando i vincoli di affidabilità prescritti.

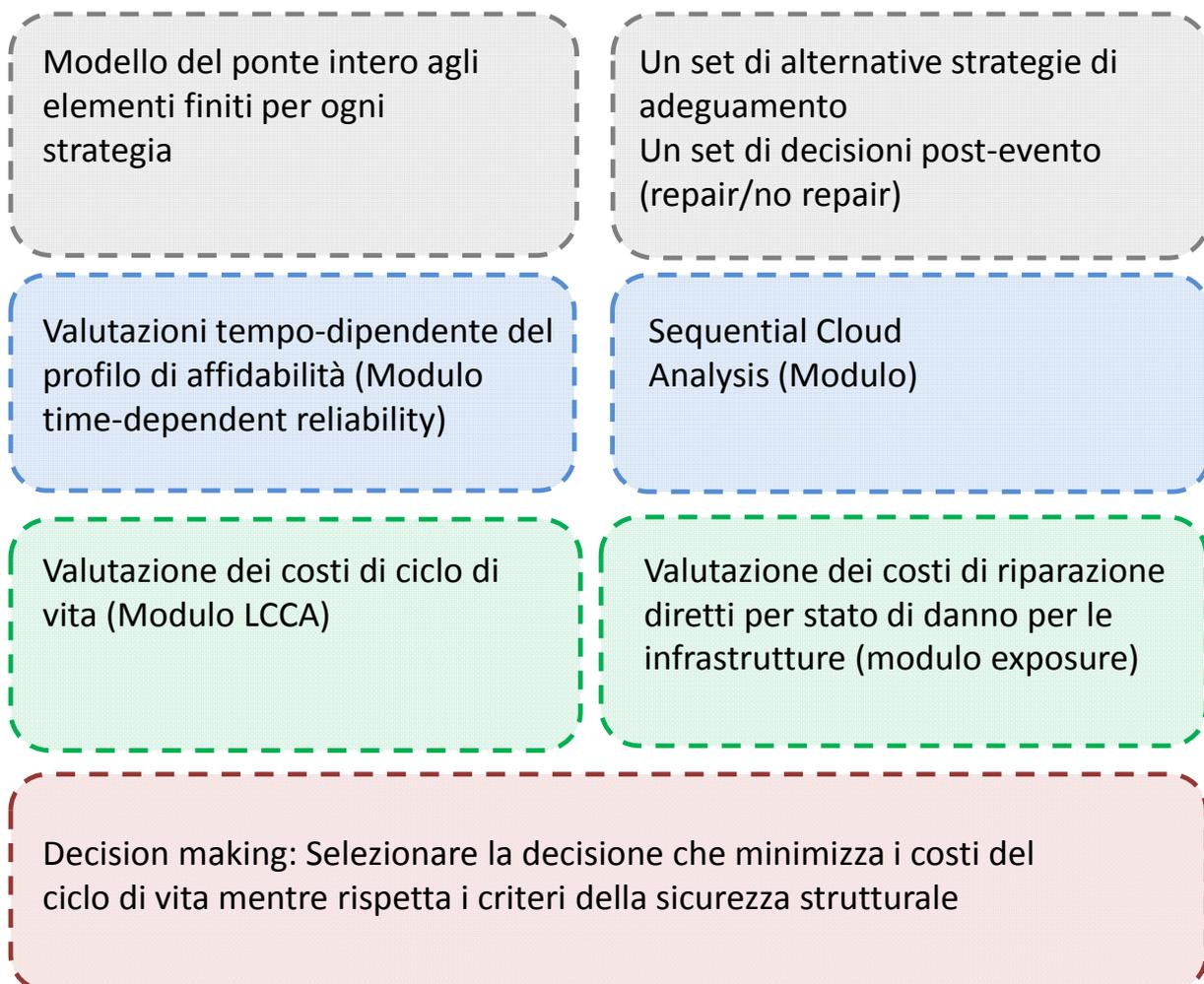


Fig. 1: schema logico

4.1 Informazioni relative ai file di Input

string1: the name of the Directory of the outputs for the 3D bridge model

string2: Lista dei records per l'analisi del ponte, text file (.txt).

The string defining the text file (.txt) containing the list of the records used for analysis of the bridge model among the set of records defined in Table 1. This Table outlines a set of 50 European (especially Italian) strong ground motion records selected from the NGA-West2 database.

string3: Seleziona pericolosità sismica: (Tasso medio annuale di superamento di PGA [g]).

The string defining the Seismic Hazard File of the site (.txt). This text file has two columns of data where the first column denotes the Peak Ground Accelerations (PGA [g]) and the second one defines the mean annual rate of exceedance associated with each PGA value.

string4: Seleziona tempo di riparazione (.txt)

The name of the file (.txt) containing the vector of the repair time (per year) associated with each Limit State

string5: Seleziona costi di riparazione (.txt).

The name of the file (.txt) containing the repair/replacement cost including the demolition cost associated with each Limit State

num1: Sismicità del sito; seismicity of the site

num2: Massimo numero anni; the maximum value (in year) associated with the life time of the structure

num3: Costo di costruzione rel strategia; the cost of construction corresponding to the proposed retrofit strategy

num4: Costo di costruzione; the initial cost of construction

num5: Tasso di attualizzazione; the discount rate

num6: Costo annuale del Down-time; the down time (per year)

Fig.2: Input Interface

4.2 Informazioni relative ai file di Output

Output1: The Expected life-cycle cost as a function of life time in the file “Expected Cost.txt”

time [year] Expected Cost [Euro]

Output2: Probability of exceeding different Limit States as a function of life time considering the fact that after each major event, the structure is immediately repaired. The associate file is “Time-dependent Limit State Probability.txt”. The column, in order, correspond to a defined Limit Sate.

time [year] DS Exc. Probability CS Exc. Probability

Output3: Limit state exceedance probability in 1-year as a function of time t . The associate file is “Exceedance Probability in 1-year.txt”. The column, in order, correspond to a defined Limit Sate.

time [year] DS Exc. Probability CS Exc. Probability

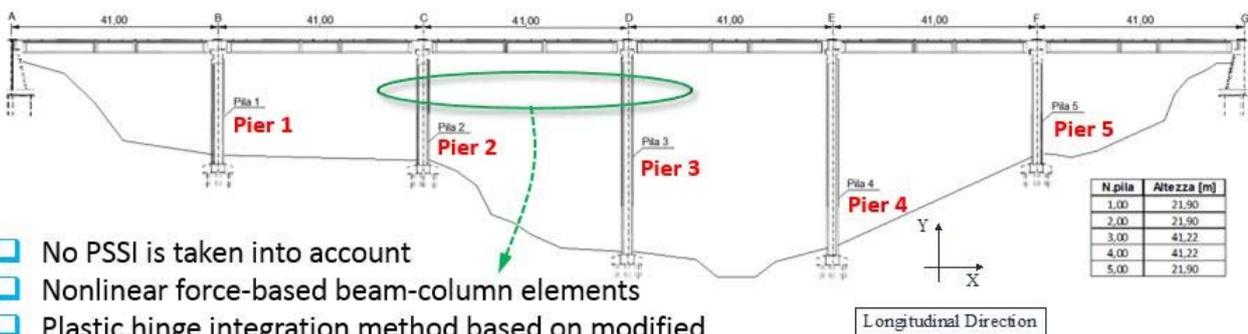
4.3 Esempio illustrativo

Il modello tridimensionale del ponte caso studio è sottoposto a sisma nella sua direzione longitudinale. Cinque schemi alternativi vengono adottati per il risanamento del ponte. Essi mirano principalmente a migliorare il comportamento globale dell'impalcato mediante isolatori attrito pendolo e/o a forzare il ponte ad avere uno spostamento uniforme lungo la sua direzione longitudinale. La soluzione ottimale è basata sulla minimizzazione del costo del ciclo di vita, soddisfacendo i criteri basati sull'affidabilità prescritti.

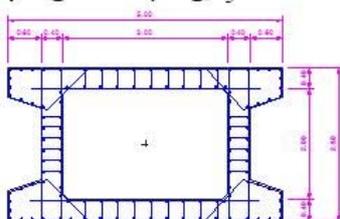
Il ponte viene immediatamente sottoposto a operazioni di ripristino dopo un terremoto. L'operazione di ripristino avviene per ripristinare l'infrastruttura al suo stato iniziale intatto. Il calcolo della probabilità di stato limite dipendenti dal tempo è indirizzato qui.

Le figure 2 e 3 mostrano una descrizione generale circa il ponte e le assunzioni di modellazione:

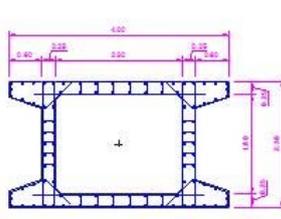
3D OpenSees Model



- No PSSI is taken into account
- Nonlinear force-based beam-column elements
- Plastic hinge integration method based on modified two-point Gauss-Radau quadrature
- Fiber sections with two constitutive rules: unconfined concrete, and steel rebar
- Concrete04 / Steel02 materials
- The effect of bar-slip is not considered
- Shear deformation is considered in the piers
- Rayleigh Damping, $\xi = 5\%$ in the first two modes



Piers 3-4



Piers 1-2-5

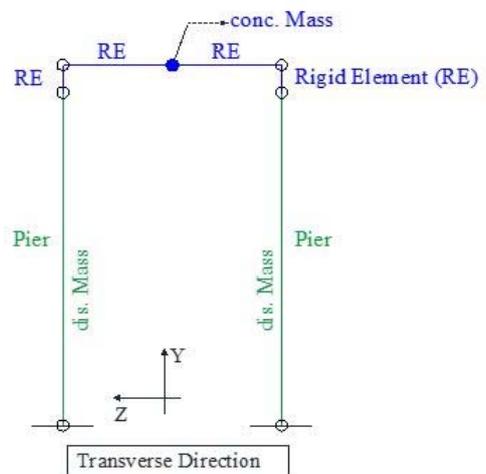
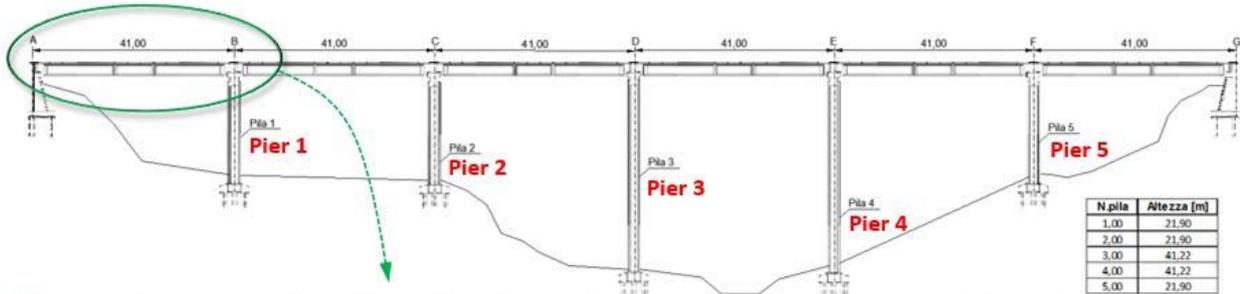


Fig. 3: Modello di pile da ponte





- Simply-supported Decks with independent Spans (representative of the Italian highway bridges)
- Elastic beam-column elements
- Supported on the cap-beams by means of elastomeric bearing supports.
- The abutments are seat-type

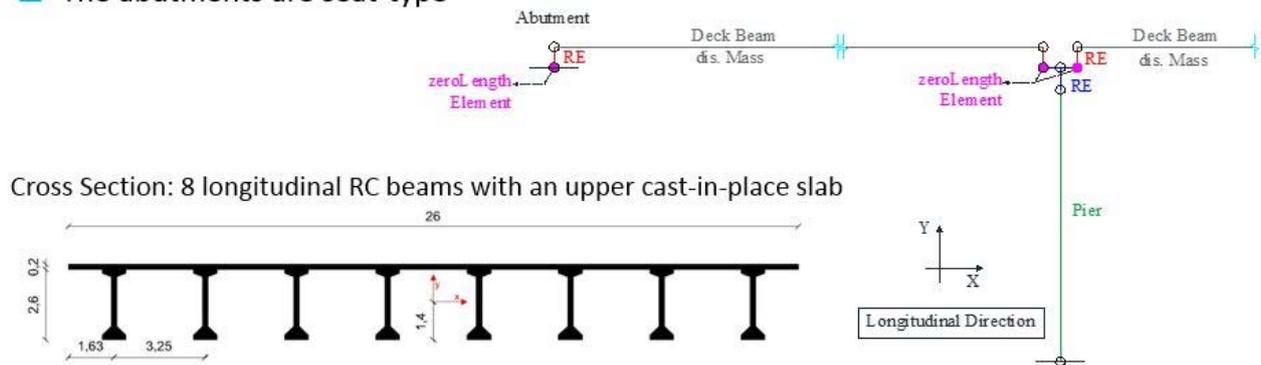


Fig. 4: Modello di impalcato

La figura 5 descrive le strategie di retrofit. Sei schemi alternativi sono stati adottati per il retrofit del ponte oggetto di studio-per la struttura intatta, $T_1 = 2.46$ sec.

Opzione di retrofit	Descrizione	Implementazione in OpenSees
ROD	Impalcati appoggio-appoggio connessi con catene	Stesso spostamento longitudinale imposto ai nodi delle travi dell'impalcato in entrambe le direzioni della pila, $T_1 = 1.99$ sec
FP-R25	Isolatore Friction Pendulum con raggio effettivo di superficie concava scorrevole pari a 2.5 m e attrito "Coulomb" del 2%	Utilizzo di un elemento "Single Friction Pendulum Bearing" insieme con un modello di attrito "Coulomb", $T_1 = 3.20$ sec
FP-R25-ROD	Combinazione di ROD e FP-R25	$T_1 = 2.84$ sec
FP-R31	Isolatore Friction Pendulum con raggio effettivo di superficie concava scorrevole pari a 3.1 m e attrito "Coulomb" del 5%	$T_1 = 3.47$ sec
FP-R31-ROD	Combinazione di ROD e FP-R31	$T_1 = 3.15$ sec
FP-MR	Combinazione di FP e di uno smorzatore adattivo Magneto-Rheological (MR)	$T_1 = 4.20$ sec (variabile)

Fig. 5: Strategie di retrofit

Si sono considerati i due stati limite di danno e collasso, come mostrato nella figura seguente:

Two Limit States (LS) are Considered

Limit State (LS)	State of Damage (SD)	Description
Damage (DS)	Pier flexural yielding	Pier chord rotation exceeds pier chord rotation at yielding, $\theta \geq \theta_y$
Collapse (CS)	Pier flexural capacity	Pier chord rotation exceeds pier chord rotation at collapse, $\theta \geq \theta_u$
	Pier shear capacity	Pier shear force exceeds pier shear resistance [EC8-3], $V \geq V_R(\theta)$
	Unseating of the deck	Deck displacement in the longitudinal direction is greater than the seat length

Fig. 6: Definizione degli stati limite

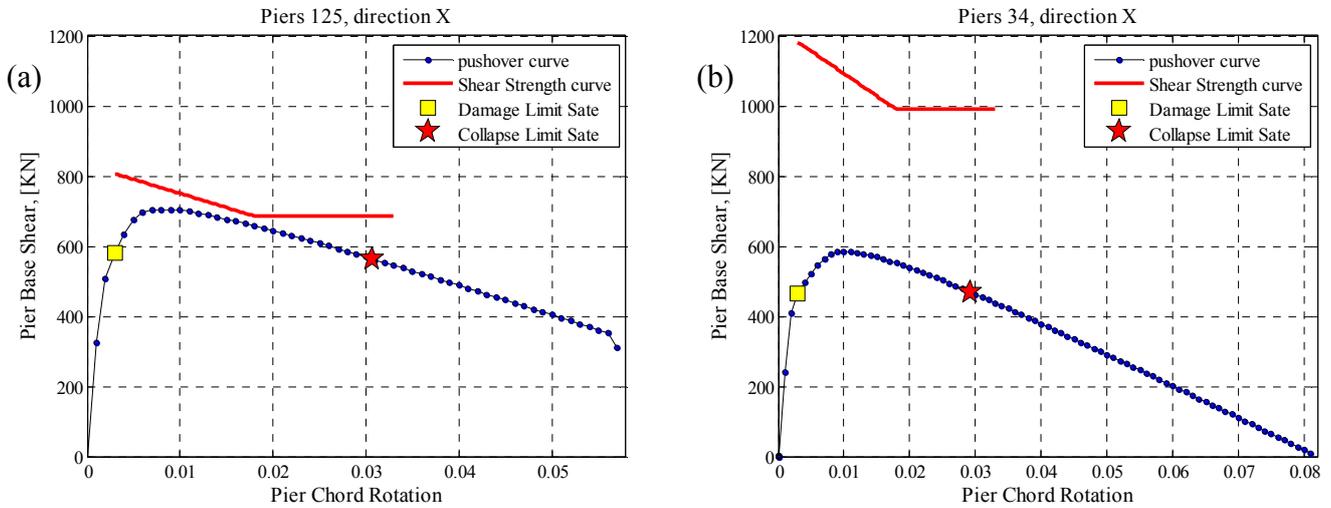
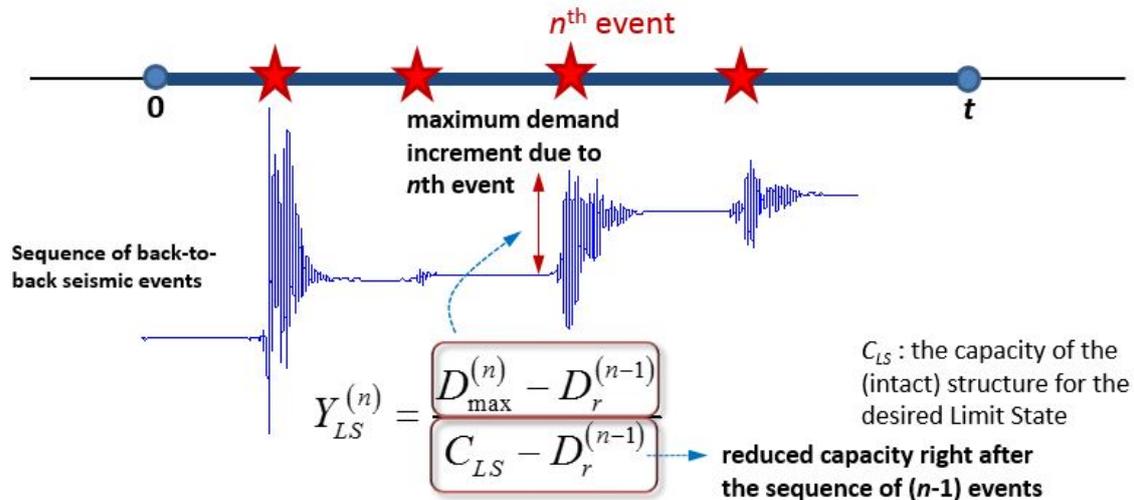


Fig. 7: Curve di pushover per entrambi gli stati limite: (a) pier type 1-2-5, (b) pier type 3-4

La variabile di performance strutturale Y_{LS} si calcola come segue:



Conditionally isolate the effect of the n th event (>1 shows that demand exceeds the LS capacity)

Different States of Damage (SD) within a given LS (find the weakest link!)

$$Y_{LS} = \max_i^{N_{SD}} \max_j^{N_{ele}} (Y_{LS,ji})$$

The number of components taking part in the i th SD

The value of Y_{LS} for the j th component of i th SD

Fig. 8: Calcolo di Y_{LS}

Per quanto riguarda la selezione dei records, si è proceduto come segue:

- A set of 25 European (especially Italian) strong ground motion records are selected from the NGA-West2 database.
- The records are applied only in the longitudinal direction of the bridge (No bi-directional analysis).

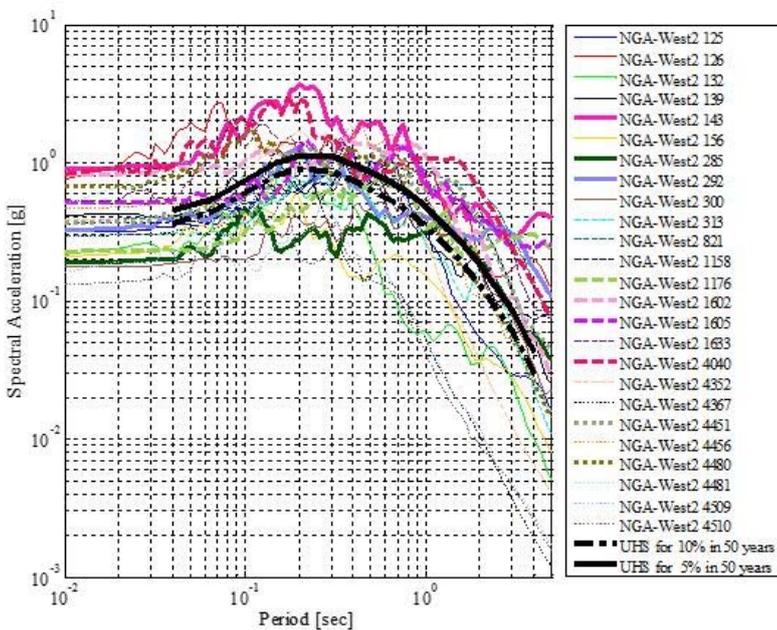
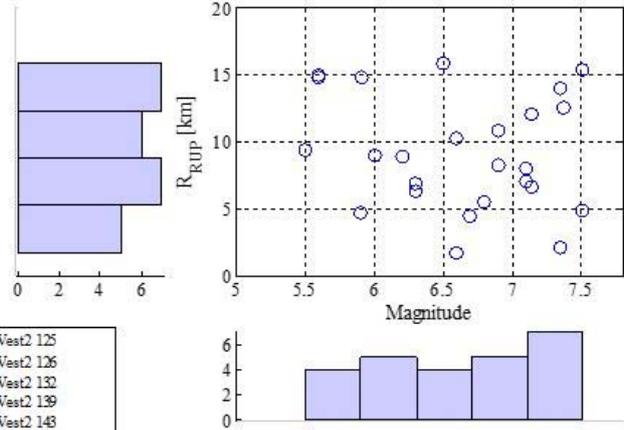
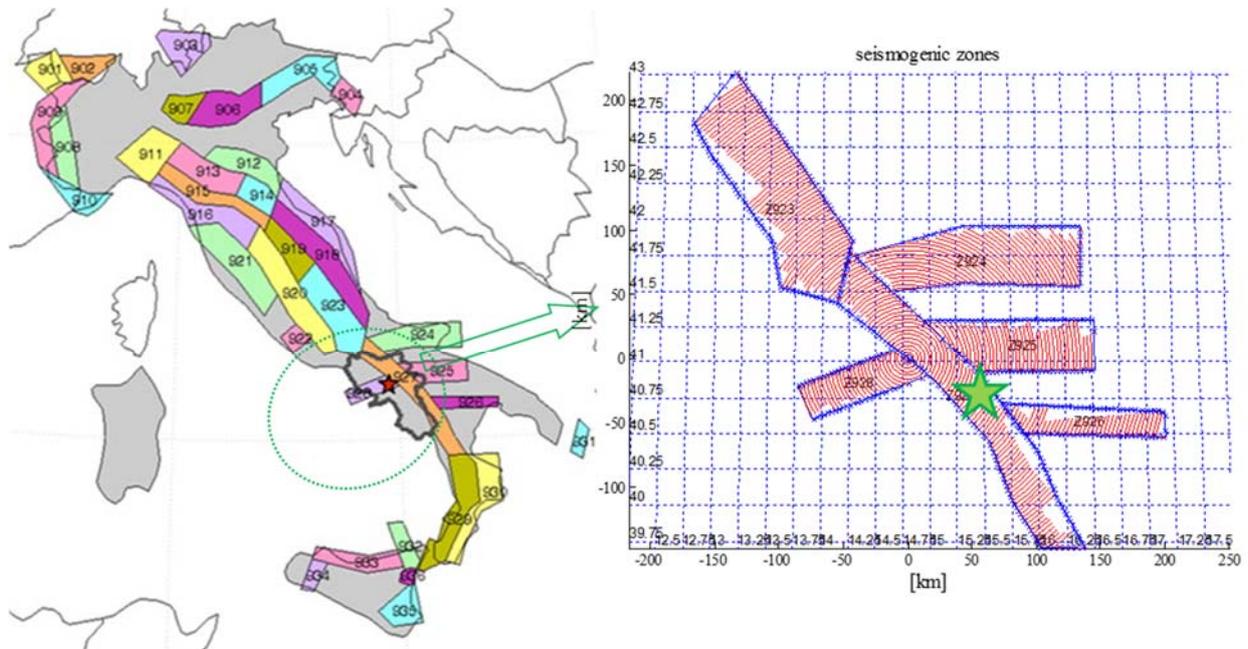


Fig. 9: Selezione dei records

Per quanto riguarda la sismicità del sito, si è proceduto come segue:



- ✓ Un'analisi semplificata probabilistic seismic hazard analysis (PSHA), specifica per sito, è stata implementata per il sito del ponte, usando MATHAZARD.
- ✓ La legge di attenuazione di Sabetta and Pugliese 1996 (SP96) è stata scelta per il suo largo utilizzo in Italia e per la sua consistenza con le mappe di hazard dell'INGV.

Fig. 10: Sismicità del sito

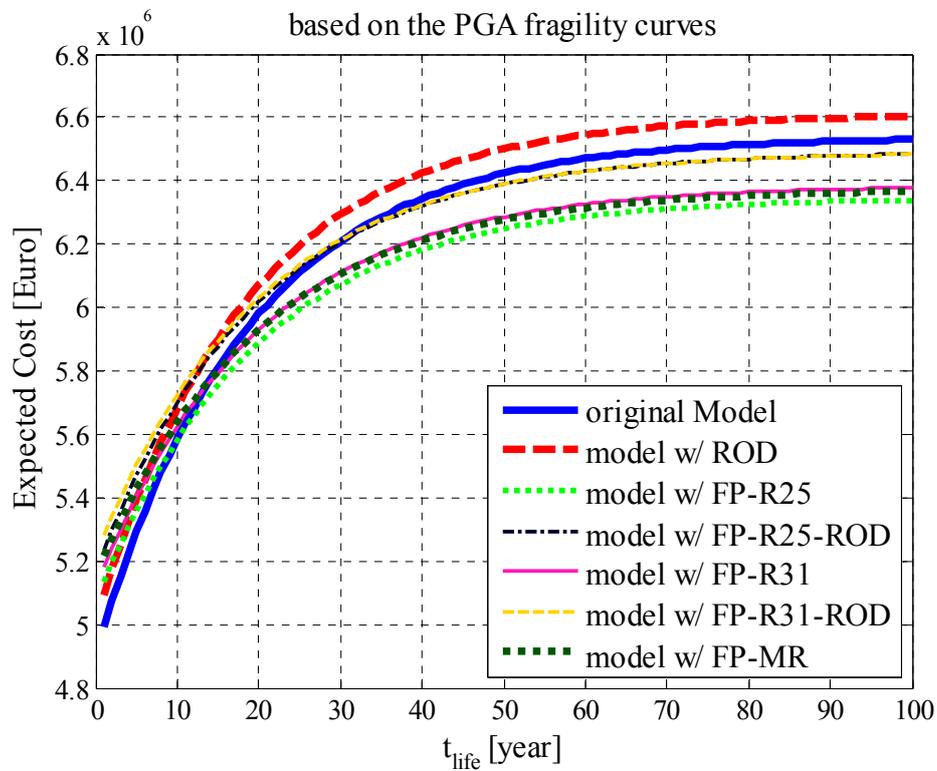


Fig. 10: Analisi di lcca

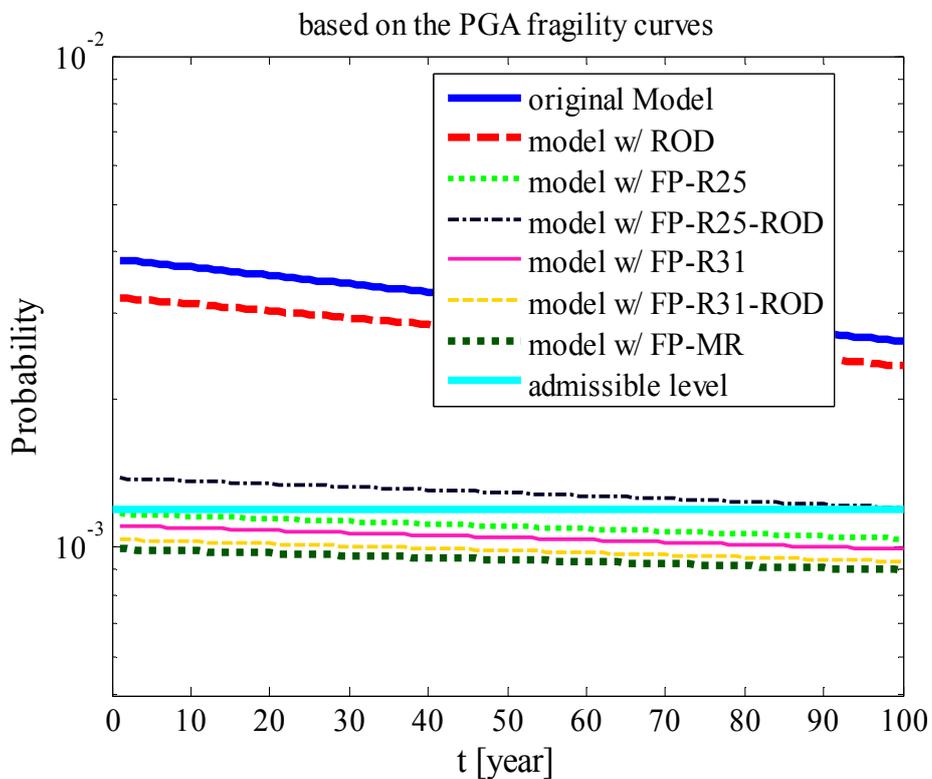


Fig. 11: Profolio di affidabilita'





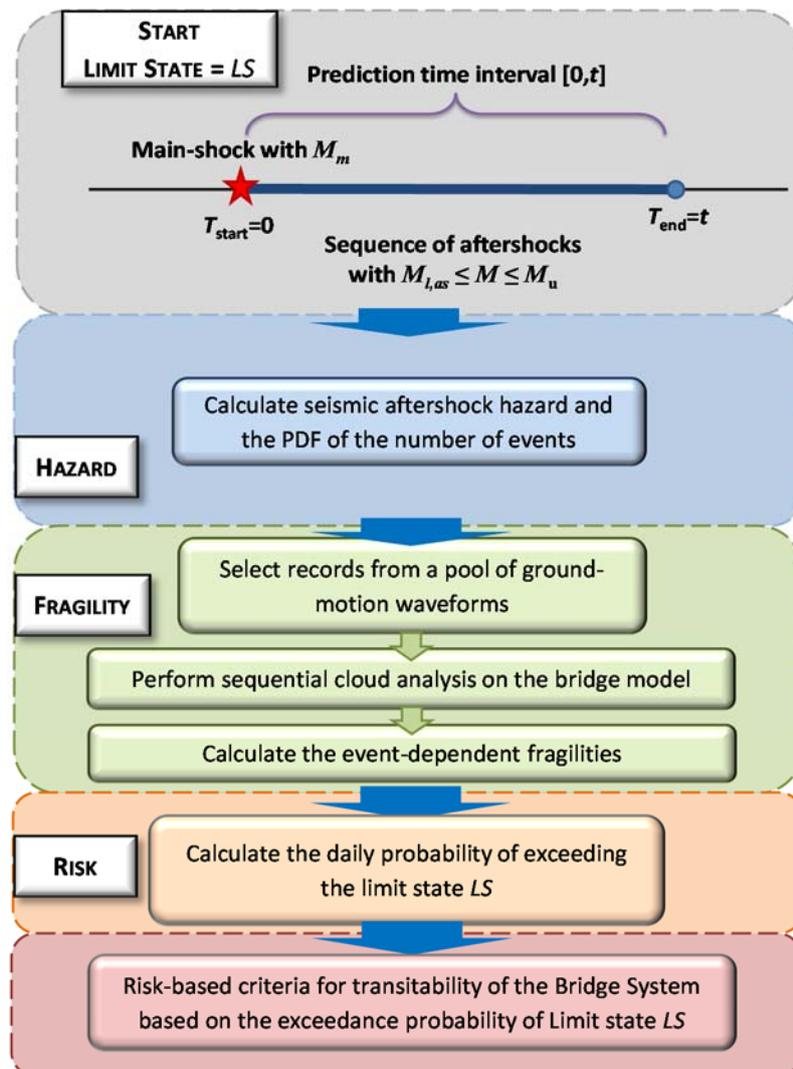
Table 1: The complete list of ground-motion records embedded in the routine

Record Number	NGA Record Number	Earthquake Name	Station Name	Horizontal Component	Magnitude	Closest distance to the ruptured area, Rrup (km)	Fault mechanism	NEHRP Site Classification	Installation Location	File Name	Lowest Usable Frequency (Hz)
1	125	Friuli, Italy-01	Tolmezzo	2	6.5	15.82	Reverse	C		FRIULI.A\A-TM2270.AT2	0.1625
2	126	Gazli, USSR	Karakyr	1	6.8	5.46	Reverse	D	GROUND LEVEL	GAZLI\GAZ000.AT2	0.1625
3	132	Friuli, Italy-02	Forgaria Cornino	2	5.91	14.75	Reverse	C		FRIULI.B\B-FOC270.AT2	0.1875
4	138	Tabas, Iran	Boshrooyeh	1	7.35	28.79	Reverse	D	GROUND LEVEL	TABAS\BOS-L1.AT2	0.15625
5	139	Tabas, Iran	Dayhook	2	7.35	13.94	Reverse	C	GROUND LEVEL	TABAS\DAY-T1.AT2	0.25
6	143	Tabas, Iran	Tabas	2	7.35	2.05	Reverse	B	GROUND LEVEL	TABAS\TAB-T1.AT2	0.1
7	156	Norcia, Italy	Cascia	2	5.9	4.64	Normal	C		ITALY\F-CSC-EW.AT2	0.25
8	285	Irpinia, Italy-01	Bagnoli Irpinio	2	6.9	8.18	Normal	C		ITALY\A-BAG270.AT2	0.1125
9	292	Irpinia, Italy-01	Sturno (STN)	2	6.9	10.84	Normal	C		ITALY\A-STU270.AT2	0.1125
10	300	Irpinia, Italy-02	Calitri	2	6.2	8.83	Normal	C		ITALY\B-CTR270.AT2	0.1625
11	313	Corinth, Greece	Corinth	2	6.6	10.27	Normal-Oblique	C		CORINTH\COR--T.AT2	0.25
12	730	Spitak, Armenia	Gukasian	1	6.77	23.99	Reverse-Oblique	D		SPITAK\GUK000.AT2	0.125
13	818	Georgia, USSR	Iri	1	6.2	31.47	Reverse	C		GEORGIA\IRI--X.AT2	0.0625
14	821	Erzican, Turkey	Erzincan	1	6.69	4.38	Strike-Slip	D	GROUND LEVEL	ERZINCAN\ERZ-NS.AT2	0.1125
15	1135	Kozani, Greece-04	Karpero	1	5.1	10.29	Normal-Oblique	C		KOZANI\C-KRP-EW.AT2	0.125
16	1141	Dinar, Turkey	Dinar	1	6.4	3.36	Normal	D		DINAR\DIN090.AT2	0.15
17	1158	Kocaeli, Turkey	Duzce	2	7.51	15.37	Strike-Slip	D		KOCAELI\DZC270.AT2	0.1
18	1176	Kocaeli, Turkey	Yarimca	1	7.51	4.83	Strike-Slip	D		KOCAELI\YPT060.AT2	0.0875
19	1602	Duzce, Turkey	Bolu	2	7.14	12.04	Strike-Slip	D		DUZCE\BOL090.AT2	0.0625
20	1605	Duzce, Turkey	Duzce	2	7.14	6.58	Strike-Slip	D		DUZCE\DZC270.AT2	0.1
21	1633	Manjil, Iran	Abbar	2	7.37	12.55	Strike-Slip	C	GROUND LEVEL	MANJIL\ABBAR--T.AT2	0.13
22	1634	Manjil, Iran	Abhar	2	7.37	75.58	Strike-Slip	D	GROUND LEVEL	MANJIL\184327.AT2	0.25
23	3556	Irpinia, Italy-03	Cairano 3	2	4.7	14.13	Normal	C		ITALY\P\C-CR3090.AT2	0.5
24	3605	Lazio Abruzzo, Italy	Cassino-Sant' Elia	1	5.8	24.4	Normal	C		ABRUZZO.P\CSS000.AT2	0.375
25	4040	Bam, Iran	Bam	1	6.6	1.7	Strike-Slip	C		BAM\BAM-L.AT2	0.0625
26	4054	Bam, Iran	Mohammad Abad-e-Madkoon	1	6.6	46.22	Strike-Slip	C		BAM\MOH-L.AT2	0.025
27	4261	Ancona-09, Italy	Genio-Civile	2	4.7	9.86	Strike-Slip	C		ANCONA.P\P-GEN090.AT2	0.5
28	4268	Friuli (aftershock 2), Italy	Forgaria Cornino	2	4.9	6.28	Reverse	C		FRIULI.P\H-FOC090.AT2	0.75
29	4276	Friuli (aftershock 9), Italy	Buia	1	5.5	12.39	Reverse	D		FRIULI.P\W-BU1000.AT2	0.3
30	4277	Friuli (aftershock 9), Italy	Forgaria Cornino	2	5.5	16.52	Reverse	C		FRIULI.P\W-FOC090.AT2	0.25
31	4280	Calabria, Italy	Ferruzzano	2	5.2	15.26	Normal	C		CALABRIA.P\FRR090.AT2	0.375
32	4284	Basso Tirreno, Italy	Naso	1	6	19.59	Strike-Slip	C		BTIRRENO.P\NS0000.AT2	0.375
33	4302	Campano Lucano (aftershock 4), Italy	Contrada Fiumicella-Teora	2	4.6	9.46	Normal	C		CLUCANO.P\K-CFT090.AT2	0.625
34	4320	Lazio Abruzzo (aftershock 1), Italy	Cassino-Sant' Elia	1	5.5	22.2	Normal	C		ABRUZZO.P\A-CSS000.AT2	0.175
35	4330	Sicilia-Orientale, Italy	Catania-Piana	2	5.6	22.83	Strike-Slip	D		SICORIEN.P\CPI270.AT2	0.3
36	4337	Umbria Marche (foreshock), Italy	Colfiorito	2	5.7	4.02	Normal	D		UBMARCHE.P\B-CLF270.AT2	0.25
37	4339	Umbria Marche (foreshock), Italy	Nocera Umbra	2	5.7	12.32	Normal	C		UBMARCHE.P\B-NCR270.AT2	1.625
38	4349	Umbria Marche, Italy	Colfiorito	2	6	6.92	Normal	D		UBMARCHE.P\A-CLF270.AT2	0.25
39	4352	Umbria Marche, Italy	Nocera Umbra	2	6	8.92	Normal	C		UBMARCHE.P\A-NCR270.AT2	0.875
40	4364	Umbria Marche (aftershock 1), Italy	Colfiorito	2	5.5	7.91	Normal	D		UBMARCHE.P\E-CLF270.AT2	0.5
41	4367	Umbria Marche (aftershock 1), Italy	Nocera Umbra	2	5.5	9.33	Normal	C		UBMARCHE.P\E-NCR270.AT2	0.75
42	4451	Montenegro, Yugo.	Bar-Skupstina Opstine	2	7.1	6.98	Reverse	C		MONTENE.GRO\BSO090.AT2	0.1625
43	4456	Montenegro, Yugo.	Petrovac - Hotel Olivia	1	7.1	8.01	Reverse	C		MONTENE.GRO\PHO000.AT2	0.375
44	4480	L'Aquila, Italy	L'Aquila - V. Aterno - Centro Valle	1	6.3	6.27	Normal	C		L-AQUILA\GX066XTE.AT2	0.0375
45	4481	L'Aquila, Italy	L'Aquila - V. Aterno -Colle Grilli	1	6.3	6.81	Normal	C		L-AQUILA\FA030XTE.AT2	0.05
46	4508	L'Aquila (aftershock 1), Italy	GRAN SASSO (Assergi)	1	5.6	16.4	Normal-Oblique	C		L-AQUILA.A\EF068XTE.AT2	0.125
47	4509	L'Aquila (aftershock 1), Italy	L'Aquila - V. Aterno -Colle Grilli	1	5.6	14.95	Normal-Oblique	C		L-AQUILA.A\FA194XTE.AT2	0.125
48	4510	L'Aquila (aftershock 1), Italy	L'Aquila - V. Aterno - Centro Valle	1	5.6	14.81	Normal-Oblique	C		L-AQUILA.A\GX333XTE.AT2	0.1125
49	4547	L'Aquila (aftershock 2), Italy	L'Aquila - V. Aterno - Centro Valle	1	5.4	17.71	Normal	C		L-AQUILA.B\GX401XTE.AT2	0.0375
50	4551	L'Aquila (aftershock 2), Italy	L'Aquila - V. Aterno -Colle Grilli	1	5.4	18.16	Normal	C		L-AQUILA.B\FA237XTE.AT2	0.03125

5 DSS per Bridge Transitability

La metodologia proposta è applicata ad una infrastruttura reale (ponte in c.a), sottoposto all'evento principale e alla sequenza innescata. Il modello non lineare 3D del ponte è costruito in Opensees. Sottolineando l'importanza di prendere in considerazione il danno cumulativo causato dalla sequenza innescata per il caso-studio, il rischio in funzione del tempo relativo a (MS + AS sequenza) è calcolato attraverso la procedura descritta. Criteri basati sui rischi per transitabilità del ponte vengono valutati in termini di probabilità di superamento varie per stato limite per il ponte. È da notare che il metodo proposto utilizza la curva di fragilità per la struttura intatta e danneggiata, che porta a risultati appropriati.

Il flow chart per la DSS per transitabilità di opere danneggiate dal mainshock è mostrato in figura.



5.1 Informazioni relative ai file di Input

string1: the name of the Directory of the outputs for the 3D bridge model

string2: Lista dei records per l'analisi del ponte, text file (.txt):

The string defining the text file (.txt) containing the list of the records used for analysis of the bridge model among the set of records defined in Table 1. This Table outlines a set of 50 European (especially Italian) strong ground motion records selected from the NGA-West2 database.

String3: Selezione pericolosità sismica Main-shock: (Tasso medio annuale di superamento di accelerazione spettrale [g] di primo modo del ponte)

The string defining the Main-shock (MS) Seismic Hazard File of the site (.txt). This text file has two column of data which denotes the spectral value (in [g]) and the mean annual rate of exceedance associated with each spectral value.

String4: Selezione pericolosità sismica Aftershock: (Probabilità di superamento di accelerazione spettrale [g] di primo modo del ponte)

The string defining the Aftershock (AS) Seismic Hazard File of the site (.txt). This text file has two column of data which denotes the spectral value (in [g]) and the probability of exceedance associated with each spectral value.

num1: Periodo di primo modo; First-mode period of bridge infrastructure

num2: Massimo numero (giorni) per calcolo Limit State (LS)

the maximum value (in day) associated with the time for calculating the Limit State probabilities

num3: Magnitudo Main-shock; Main-shock (MS) Magnitude

num4: Limite superiore magnitudo del sito; Upper-bound magnitude of the site

num5: Limite inferiore magnitudo del sito; Lower-bound magnitude of the site for the Aftershocks (AS)

num6, num7, num8, num9: Parametri modificati di Omori; Modified Omori's parameters of the aftershock occurrence model (a, b, c , and p)

num10: Coefficiente di smorzamento; damping coefficient

Note 1:

$$\lambda_{MO}(t, m) = \frac{10^{a+b(M_m - m)}}{(t + c)^p}$$

where M_m is the magnitude of main-shock; $\lambda_{MO}(t,m)$ is the daily rate of magnitudes greater than or equal to m , parameter “ a ” represents the productivity of the mainshock event; parameter “ b ” represents the seismicity rate of the considered site and might be sensitive to temporal variations in seismicity as well as the magnitude of events considered for calibrating it; parameter “ c ” is a small time-shift that controls the sequence behavior in the initial times after the main-shock; parameter “ p ” controls the speed of decay of aftershock rate with time.

Lista dei records per l'analisi del ponte: No file selected.

Selezione pericolosità sismica Main-Shock: No file selected.

(Tasso medio annuale di superamento di accelerazione spettrale di primo modo del ponte)

Selezione pericolosità sismica Aftershock: No file selected.

(Probabilità di superamento di accelerazione spettrale di primo modo del ponte)

Input Model:

Periodo di primo modo:

Massimo numero (giorni) per calcolo LS:

Magnitudo Main-Shock:

Limite superiore magnitudo del sito:

Limite inferiore magnitudo del sito:

Parametri modificati di Omori: a b c p

Coefficiente di smorzamento:

Fig 1: Input Interface

5.2 Informazioni relative ai file di Output

Output1: Probability of exceeding Limit State of DS for the Bridge as a function of life time considering for mainshock as well as post-mainshock. The associate file is “Time-dependent Limit State Probability-DS.txt”. The column, in order, correspond to a defined Limit Sate.

time [day]	Mainshock	Post-mainshock
------------	-----------	----------------

Output2: Probability of exceeding Limit State of CS for the Bridge as a function of life time considering. The associate file is “Time-dependent Limit State Probability-CS.txt”. The column, in order, correspond to a defined Limit Sate.

time [day]	Mainshock	Post-mainshock
------------	-----------	----------------

Output3: Exceedance probability in 1-year as a function of time t for DS Limit State. The associate file is “Exceedance Probability in 1 day-DS.txt”. The column, in order, correspond to a defined Limit Sate.

time [day]	Mainshock	Post-mainshock
------------	-----------	----------------

Output4: Exceedance probability in 1-year as a function of time t for CS Limit State. The associate file is “Exceedance Probability in 1 day-CS.txt”. The column, in order, correspond to a defined Limit Sate.

time [day]	Mainshock	Post-mainshock
------------	-----------	----------------

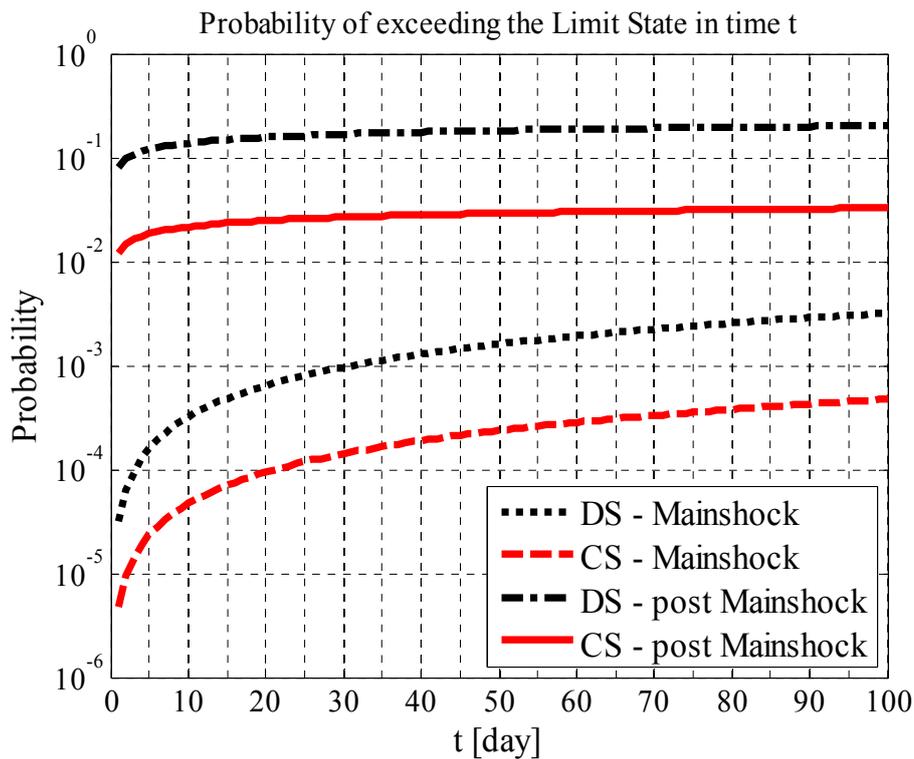


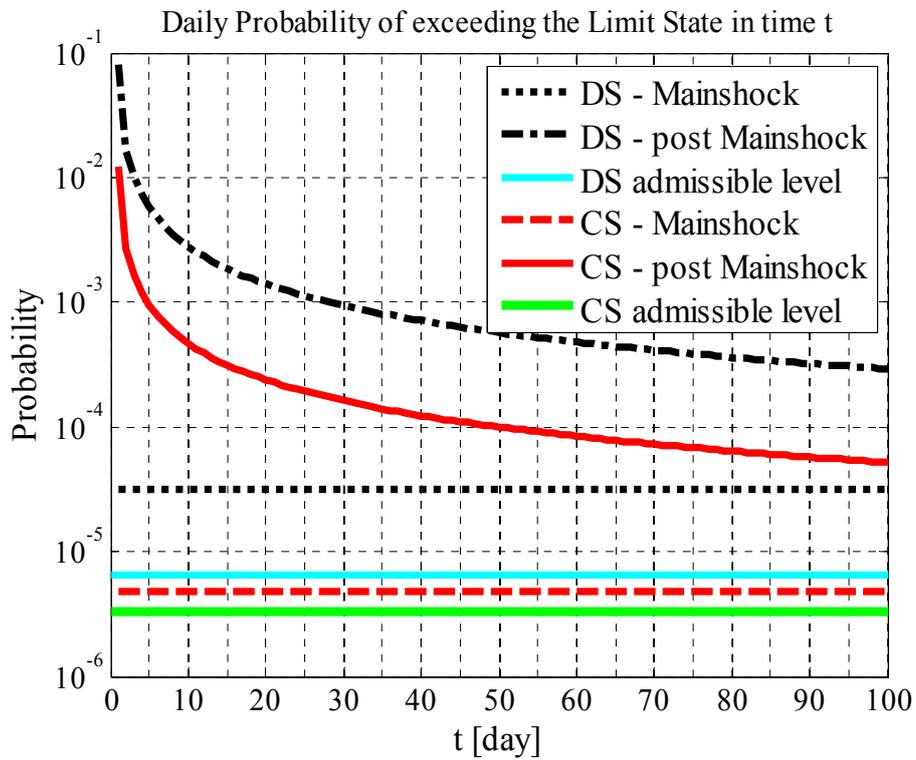
Fig. 2: Output



5.3 Esempio illustrativo

- Calcolo del rischio considerando il danno cumulativo che il ponte ha subito dovuto al mainshock e alla sequenza sismica.
- Valutazione della probabilità, variabile nel tempo, del superamento dello stato limite di collasso nell'arco delle 24 ore e confronto con una soglia ammissibile.





Admissible Levels: $DS = 2.4 \times 10^{-3} / 365 = 6.6 \times 10^{-6}$, $CS = 1.2 \times 10^{-3} / 365 = 3.3 \times 10^{-6}$

6 DSS per Bridge Management

L'attività è stata completata. Viene proposta una metodologia probabilistica generalizzata per l'ottimizzazione del piano di ispezioni per strutture soggette a deterioramento: (1) si considerano le incertezze associate con l'occorrenza del danno e la loro propagazione, la previsione della vita di riferimento e gli effetti delle ispezioni e della manutenzione sulla vita utile e sul costo del ciclo di vita; (2) si considerano diverse tipologie di strategie manutentive; (3) si considera il ritardo nella manutenzione.

La procedura è la seguente. Per ogni scenario di manutenzione si ha:

- 1) simulazione della vita di riferimento dell'infrastruttura as-built, dei tempi di iniziazione dell'aging e del tasso di propagazione;
- 2) simulazione di un ciclo di ispezione/decisione di eseguire ispezione accurata/decisione sulla strategia manutentiva/e e relative conseguenze in termini di prolungamento di vita di riferimento ed aumento nei costi di ciclo di vita;
- 3) si arriva fino alla fine della vita di riferimento;
- 4) si individua la sequenza ottimale che minimizza i costi di ciclo di vita e che massimizza la vita utile dell'infrastruttura.

Stabilire un modello di aging (occorrenza e propagazione, previsione della vita di riferimento) probabilistico e tempo-dipendente

Definire un range di metodi di ispezione (visivo, in-situ, monitoraggio), i loro relativi errori di rilievo e i relativi costi di esecuzione

Definire una gamma di operazioni/strategie di manutenzione, le loro relative soglie di danno e i loro relativi costi di esecuzione

Per ogni scenario di manutenzione: Simulazione della vita di riferimento dell'infrastruttura as-built, tempi di iniziazione dell'aging, tasso di propagazione.

Simulazione di un ciclo di ispezione/decisione di eseguire ispezione accurata/decisione sulla strategia manutentiva/e le relative conseguenze in termini di prolungamento di vita di riferimento ed aumento nei costi di ciclo di vita.

Continua fino alla fine della vita di riferimento

Individua la sequenza ottimale che minimizza i costi di ciclo di vita e che massimizza la vita utile dell'infrastruttura

6.1 Informazioni relative ai file di Input

string1: Seleziona input text file (.txt) per la qualità delle ispezioni, α_δ [vedi Note 2].

Indica la lista dei valori di α_δ associate alla qualità dell'ispezione.

num1: Numero di simulazioni (the number of simulations)

num2: Numero di ispezioni (the number of inspections to be scheduled)

num3, num4: Tempo di inizio della corrosione, t_{oc} (anni) [vedi Note 1], Media e Dev. Standard

Mean and Standard Deviation del tempo iniziale di corrosione (year) indicato come t_{oc} (distrib. Lognormale).

num5, num6: Parametro R [vedi Note 1], Media e Dev. Standard.

Mean and Standard Deviation del parametro R (rapporto tra la massima profondità di pit e la media; distrib. Normale).

num7, num8: Tasso di corrosione, r_{corr} (mm/anno) [vedi Note 1], Media e Dev. Standard

Mean and Standard Deviation del parametro r_{corr} (tasso di corrosion (mm/year); distrib. Lognormale).

num9, num10: Diametro iniziale della barra, d_0 (mm) [vedi Note 1], Media e Dev. Standard.

Mean and Standard Deviation del parametro d_0 (mm) (diametro iniziale della barra); distrib. Lognormale).

NOTE 1: Le prestazioni a lungo termine dei ponti in C.A: sono influenzate dalla corrosione, che inizia quando la concentrazione di cloruri eccede una certa soglia, per poi propagarsi, causando perdita dell'area della barra e del legame barra-cl. Il processo di deterioramento causato dalla corrosione si divide in corrosione iniziale e propagazione. La propagazione della corrosione si rappresenta usando un modello di corrosione uniforme e localizzato, associato con la riduzione uniforme dell'area della sezione della barra. Inoltre la corrosione può essere localizzata, con probabilità di failure maggiore.

In accordo al modello di corrosione localizzata, la massima penetrazione tempo-dipendente del "pitting $PT(t)$ " si può esprimere come:

$$PT(t) = r_{corr} R(t - t_{oc}) \quad t > t_{oc}$$

L'intensità del danno δ per corrosion localizzata (or pitting) al tempo t vale:

$$\delta(t) = \frac{PT(t)}{d_0}$$

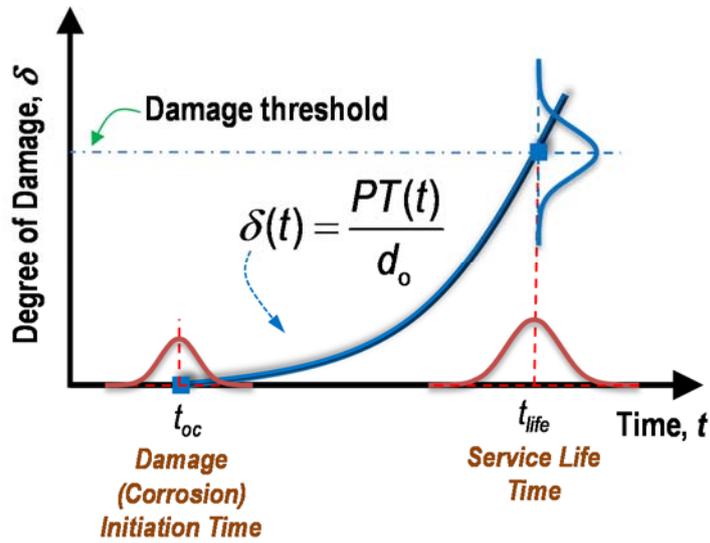


Fig.1: Occorrenza del danno tempo-dipendente e propagazione delle incertezze

num11: Soglia di intensita' del danno (mm) [vedi figura]; Soglia di intensità del danno (see also Fig. 1)

NOTE 2: La relazione tra grado di danno e probabilità di scoperta del danno è descritta da una funzione nota come PoD, in figura seguente:

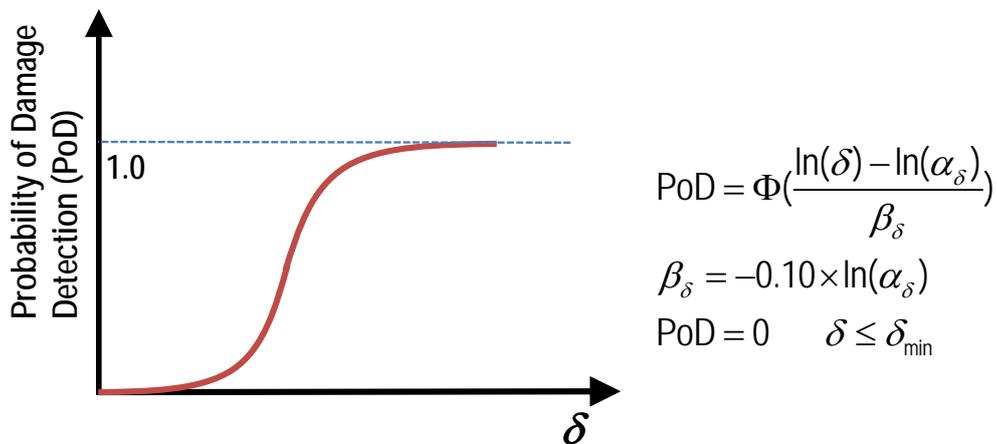


Fig.2: Metodi di ispezione e relativa “Probability of Detection (PoD)”

NOTE 3: Gli effetti della manutenzione sulla propagazione del danno e sulla vita di servizio, considerando le incertezze legate alla propagazione del danno, sono illustrate in fig.3. Due tipi di manutenzioni sono considerati:

- (1) Maintenance type A: ritardo nella propagazione del danno;
- (2) Maintenance type B: sostituzione degli elementi corrosi.

La formulazione della vita di servizio e del ciclo di vita totale di una struttura deteriorata con previsione di ispezioni e manutenzioni è basata su un modello a 3 rami.

La fig.3 mostra anche il modello adottato per una ispezione schedata. Tutti i possibili eventi sono illustrati nei rami di questo modello. Il life-cycle cost totale consiste di costi di ispezioni e manutenzione.

Il modello a 3 rami in figura è basato su una sola ispezione e su due operazioni di manutenzione.

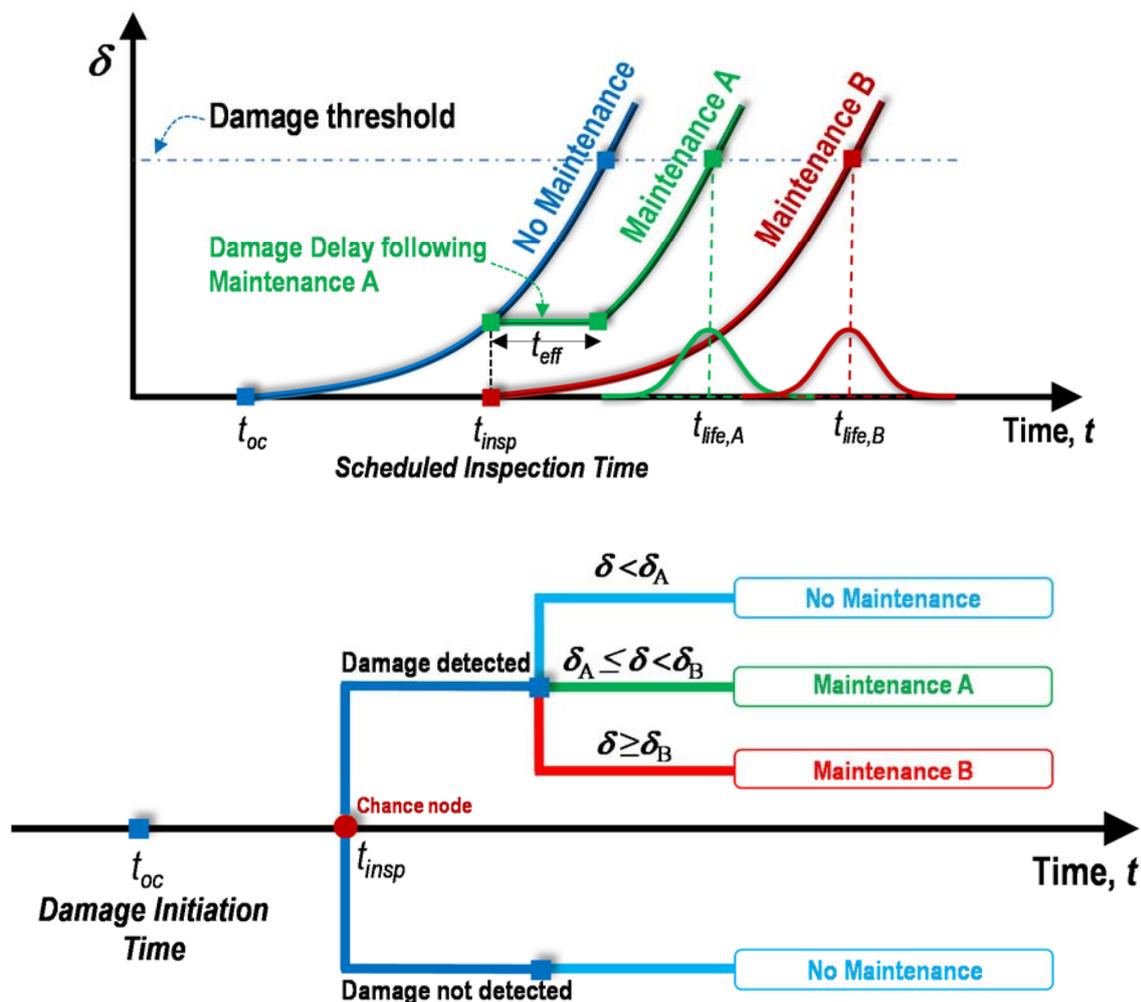


Fig.3: Tipologie di manutenzione e relativi criteri di danno

num12, num13: Tempo di ritardo nella propagazione del danno, t_{eff} (anni) [vedi Note 2], Media e Dev. Standard

Mean and Standard Deviation del parametro t_{eff} (tempo di ritardo nella propagazione del danno con distribuz. lognormale).

num14: Soglia del danno (Strategia manutentiva A)

Il grado di danno (δ) associate con la strategia manutentiva A

num15: Soglia del danno (Strategia manutentiva B)

Il grado di danno (δ) associate con la strategia manutentiva B

NOTE 4: I costi di ispezione sono indicate come: $C_{insp,s}$ = scheduled inspection cost, and $C_{insp,d}$ = in-depth inspection cost. In particolare $C_{insp,s}$:

$$C_{insp,s} = C_{ins} (1-0.7\alpha_{\delta})^{10}$$

num16: Costo fisso di ispezione schedulata; the value for C_{ins}

num17: Costo di ispezione accurato; in-depth inspection cost $C_{insp,d}$

num18: Costo (Strategia manutentiva A); the cost of the Maintenance type A

num19: Costo (Strategia manutentiva B); the cost of the Maintenance type B

Bridge Management Interface

Developed by: Fatemeh Jalayer, Hossein Ebrahimi

Seleziona input per la qualità delle ispezioni (vedi figura):

Browse... No file selected.

Submit

Numero di simulazioni:

Numero di ispezioni:

Tempo di inizio della corrosione, t_{ec} (anni) [vedi figura]: media dev. standard

Parametro R: media dev. standard

Tasso di corrosione, r_{cor} (mm/anno) [vedi figura]: media dev. standard

Diametro iniziale della barra, d_0 (mm): media dev. standard

Soglia di intensità del danno [mm], [vedi figura]:

Tempo di ritardo nella propagazione del danno, t_{eff} (anni) [vedi figura]: media dev. standard

Soglia del danno (Strategia manutentiva A):

Soglia del danno (Strategia manutentiva B):

Costo fisso di ispezione schedulata:

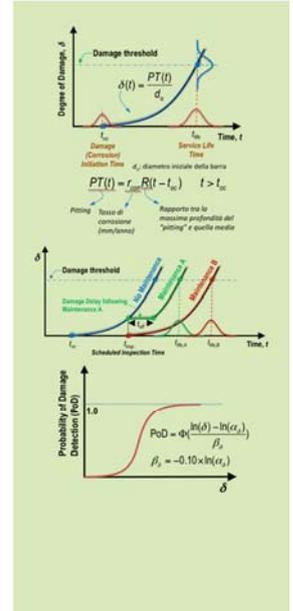
Costo di ispezione accurato:

Costo (Strategia manutentiva A):

Costo (Strategia manutentiva B):

Clear Form

Submit



Yilm, S., Frangopol, D. M., Soliman, M. (2013). Generalized probabilistic framework for optimum inspection and maintenance planning. Journal of Structural Engineering, 139(3), 433-447.

Fig.4: Bridge Management Interface

6.2 Informazioni relative ai file di Output

output.txt: Salva output

Le prime due colonne rappresentano il tempo di vita e il costo totale. Le colonne finali indicano i tempi di ispezione. La lunghezza dell'output è basata sul numero di simulazioni. Si noti che l'utente dovrebbe lavorare con un alto numero di simulazioni per avere un risultato affidabile.

```
service life[year]    total cost           inspection time[year]
```

outputBEST.txt: Salva soluzione ottimizzata

La soluzione ottimizzata massimizza il tempo di vita e minimizza il costo totale (i primi due valori sono il tempo di vita e il costo totale il tempo di vita e il costo totale). I valori finali indicano i tempi ottimali di ispezione.

```
service life[year]    total cost           inspection time[year]
```



Fig.5: Output



6.3 Esempio illustrativo

INPUT:

- Occorrenza del danno tempo-dipendente e propagazione delle incertezze. Metodi di ispezione e relativa “Probability of Detection (PoD)”
- Tipologie di manutenzione e relativi criteri di danno e costi
- Numero di ispezioni
- Soglie di danno per definire la vita utile
- Numero di simulazioni

Parametro	Distribuzione	Media	Std
t_{oc}	LN	6.41 anni	2.89 anni
R	N	5.0	1.0
r_{corr}	LN	0.05 mm/anno	0.01mm/anno
d_o	LN	12.70 mm	0.25 mm
t_{eff}	LN	6.0 anni	0.50 anni

Parametro	Soglia
PT_{max}	3.25 mm

Tipo di manutenzione	Descrizione	Criteri di danno	Costo(\$)
A*	Protezione anti-corrosiva usando un isolante	$\delta_A = 0.09$	60000
B	Riparazione dell'impalcato	$\delta_B = 0.14$	300000

* Si assume che A conduce ad un incremento della prevenzione nei confronti dell'intensità del danno da corrosione all'interno dell'intervallo temporale t_{eff}

$C_{insp,s}$ = Costo dell'ispezione schedulata = €30000 (tenendo in conto la qualità dell'ispezione)

$C_{insp,d}$ = Costo dell'ispezione accurata = €20000