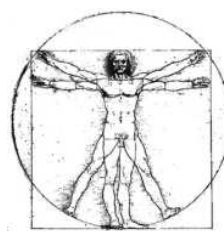
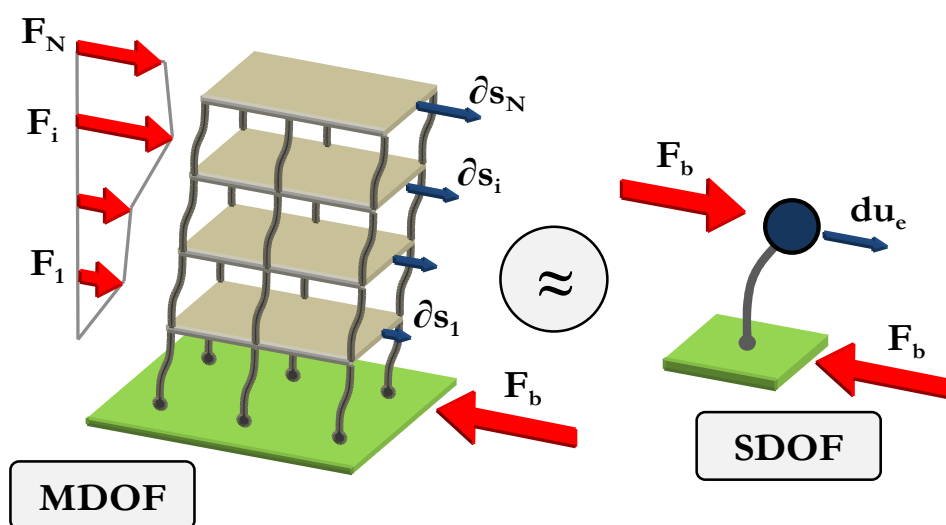

ENERGY-PUSH PROGRAM

Release 1.0 – Novembre 2011

Manuale Utente



Università degli Studi di Perugia – Facoltà di Ingegneria

Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale – Sezione Strutture

Via Duranti, 93 – Santa Lucia – Perugia – Italia

dott. ing. Enrico Tomassoli

via Molinello, 8 – fraz. Badiali – 06012 Città di Castello – Perugia – Italia

e-mail enricotomassoli@tiscali.it – cell. 328.18.85.943

Introduzione

Il programma *Energy-Push*, abbreviazione di *Energy-Based Pushover Analysis*, è una routine in Matlab© per il trattamento e la presentazione degli output ottenuti dalle analisi svolte su modelli piani 2D. Nel seguito sono illustrati i passaggi da compiere per il corretto utilizzo del programma di calcolo.

Interfaccia grafica e database

Prima di tutto occorre avviare il programma Matlab©. La routine originale è stata compilata con un Matlab© versione 6.50. Il cambio di versione potrebbe portare a qualche malfunzionamento del programma stesso. Si consiglia per tale motivo l'uso di tale versione per evitare problemi. Posizionarsi nell'opportuna cartella *\Program* in cui si sono salvati tutti i file. Nella schermata del Matlab© digitare *PE* e premere invio. A questo punto si aprirà la schermata iniziale del programma che si presenterà come in figura sottostante.

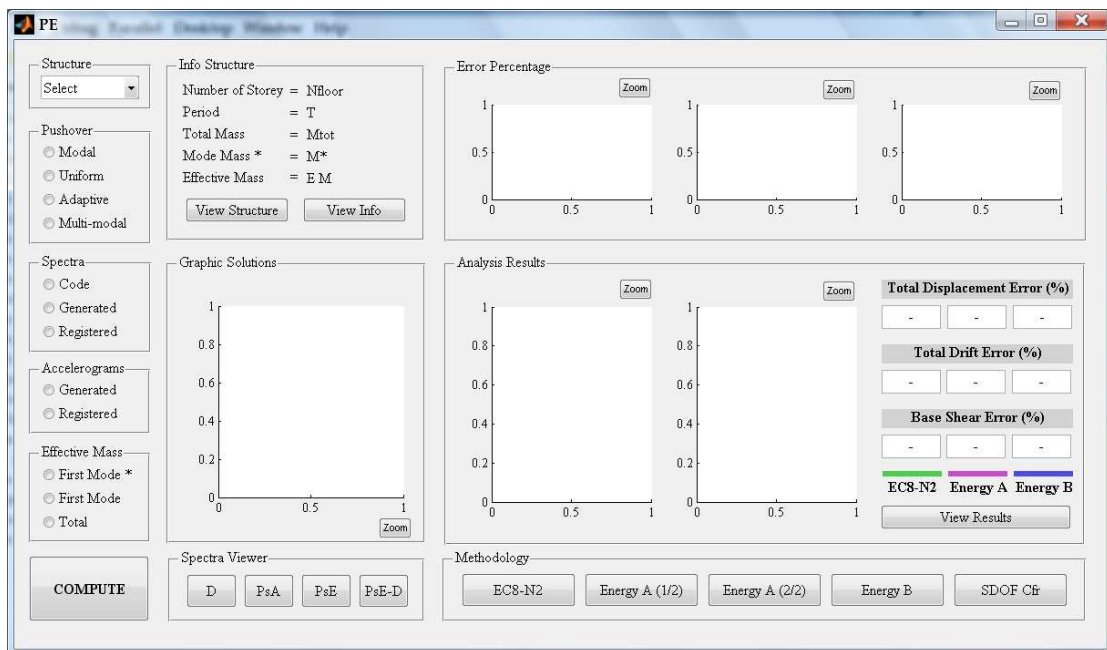


Figura 1 – Interfaccia principale del programma

La cartella *\Program* contiene i seguenti file e cartelle.

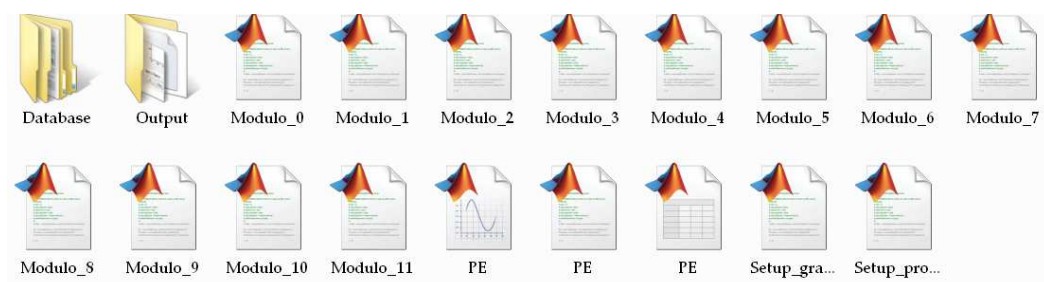


Figura 2 – File e cartelle contenuti nella cartella principale

\Database\ : cartella di file in cui si sono archiviati i dati in input del programma ossia gli output delle analisi precedentemente svolte e qui trattate al fine di poter applicare il metodo di analisi non lineare basato sull'energia. La lista dei file contenuti in tale cartella con la loro descrizione è proposta più avanti.

\Output\ : cartella dei file output del programma e generati successivamente all'esecuzione del programma. La lista dei file contenuti in tale cartella con la loro descrizione è proposta più avanti.

\Modulo_0.m: file di Matlab© per la lettura delle principali informazioni della struttura come massa totale, periodi di vibrazioni fondamentali, fattori di partecipazione modali, ecc.

\Modulo_1.m: file di Matlab© per la lettura di spostamenti di interpiano e tagli di piano del caso di analisi pushover di interesse.

\Modulo_2.m: file di Matlab© che, dalla conoscenza degli spostamenti e tagli di piano, calcola il lavoro fatto dalle forze esterne e lo spostamento equienergetico.

\Modulo_3.m: file di Matlab© per la lettura ed il tracciamento degli spettri di domanda espressi in termini di pseudo-accelerazione, spostamento e pseudo-energia.

\Modulo_4.m: file di Matlab© per l'applicazione del Metodo EC-N2 ossia la metodologia di analisi non lineare proposta dall'Eurocodice 8.

\Modulo_5.m: file di Matlab© per l'applicazione della prima variante del metodo basato sull'energia ossia la metodologia di analisi non lineare denominata A.

\Modulo_6.m: file di Matlab© per l'applicazione della seconda variante del metodo basato sull'energia ossia la metodologia di analisi non lineare denominata B.

\Modulo_7.m: file di Matlab© per la riorganizzazione di tutti i risultati fin qui trovati e scaturiti dall'analisi del programma.

\Modulo_8.m: file di Matlab© per il plottaggio a mezzo di grafici degli output ottenuti dal programma in opportuni file immagine (.bpm, .tif).

\Modulo_9.m: file di Matlab© per il salvataggio di tutti gli output numerici nel relativo file di uscita del programma.

\Modulo_10.m: file di Matlab© per il plottaggio dei grafici degli output nella schermata principale del programma

\Modulo_11.m: file di Matlab© per la visualizzazione dei risultati numerici nella schermata principale del programma.

\Modulo_11.m: file di Matlab© per la visualizzazione dei risultati numerici nella schermata principale del programma.

\Setup_graphics.m: file di Matlab© per il settaggio degli output grafici nei file di uscita.

\Setup_program.m: file di Matlab© per il settaggio degli output grafici a video.

\PE.fig: file di Matlab© in cui è salvata l'interfaccia grafica principale del programma.

\PE.mat: file di Matlab© per il funzionamento del programma con interfaccia grafica GUI.

\PE.m: file di Matlab© per il funzionamento del programma.

Nella cartella \Database\ sono riportati i file di input che saranno trattati al programma. I file sono organizzati in base al nome del modello di analisi. Sono presenti al suo intero le cartelle \Modello Alfa\, \Modello Beta\, \Modello Gamma\, \Modello Delta\, \Modello Epsilon (+)\, \Modello Epsilon (-)\, ognuna relativa al modello considerato. È inoltre presente una cartella \Modello User\ nell'eventualità si voglia analizzare un modello non compreso nel database. Ogni cartella è organizzata nel seguente modo:

\Modello Nomemodello\	\Info\	\Aste.bmp \Nodi.bmp \Dati_modello.doc \Info_modali.txt	
	\Pushover\	\Adattiva\	\disp_E.txt
			\shear_E.txt
			\disp_EP.txt
			\shear_EP.txt
		\Modale\	\disp_E.txt
			\shear_E.txt
			\disp_EP.txt
			\shear_EP.txt
		\Multimodale\	\disp_E.txt
			\shear_E.txt
			\disp_EP.txt
			\shear_EP.txt
		\Uniforme\	\disp_E.txt
			\shear_E.txt
			\disp_EP.txt
			\shear_EP.txt
	\Spettri\	\Generati\	spec_acc.txt
			spec_disp.txt
			spec_ener.txt
		\Normativi\	spec_acc.txt
			spec_disp.txt
			spec_ener.txt
		\Registrati\	spec_acc.txt
			spec_disp.txt
			spec_ener.txt
		\Info_spectra.txt	
	\Time history\	\Generati\	\Disp_time.txt
			\Drift_time.txt
			\Shear_time.txt
		\Registrati\	\Disp_time.txt
			\Drift_time.txt
			\Shear_time.txt

I file nel database hanno le seguenti funzioni qui elencate:

\Aste.bmp: immagine delle aste della struttura analizzata e numerazione dei vari elementi.

\Nodi.bmp: immagine dei nodi della struttura analizzata e numerazione dei vari elementi.

\Dati_modello.doc: file di Microsoft® Word® con tutte le informazioni principali del modello come masse partecipanti, deformate modali, periodi propri di vibrazione, ecc. Tutte le specifiche per una migliore lettura del file sono riportate nel file stesso.

\Info_modali.txt: file formato testo per la lettura da parte del programma delle informazioni principali della struttura. Il formato del file deve essere come indicato nel seguito.

Numero Piani			
Massa Livello 1	Massa Livello 2	...	Massa Livello N
Coordinata Livello 1 della forma modale 1	Coordinata Livello 1 della forma modale 2	...	Coordinata Livello 1 della forma modale N
Coordinata Livello 2 della forma modale 1	Coordinata Livello 2 della forma modale 2	...	Coordinata Livello 2 della forma modale N
...
Coordinata Livello N della forma modale 1	Coordinata Livello N della forma modale 2	...	Coordinata Livello N della forma modale N
Periodo Modo 1	Periodo Modo 2	...	Periodo Modo N

Figura 3 – Organizzazione delle informazioni all'interno del file Info_modali.txt

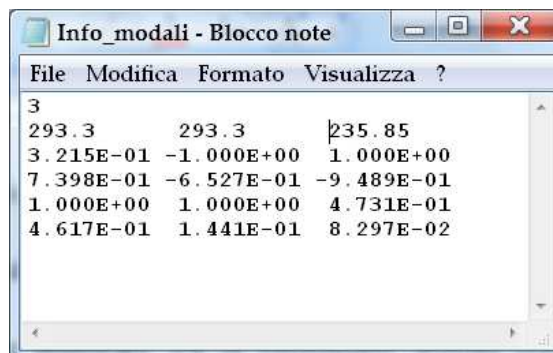
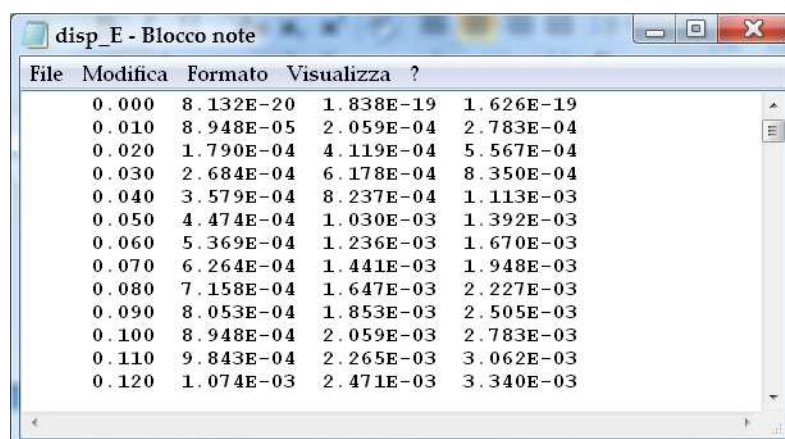


Figura 4 – Esempio di file Info_modali.txt per Modello Alfa

\Disp_E.txt, \Disp_EP.txt: file formato testo per la lettura da parte del programma delle informazioni inerenti agli spostamenti di piano ottenuti da un'analisi pushover con modello rispettivamente a comportamento elastico ed anelastico. Il formato del file deve essere come indicato nel seguito.

Passo 1	Spostamento piano 1 al passo 1	...	Spostamento piano N al passo 1
Passo 2	Spostamento piano 1 al passo 2	...	Spostamento piano N al passo 2
...
Passo P	Spostamento piano 1 la passo P	...	Spostamento piano N la passo P

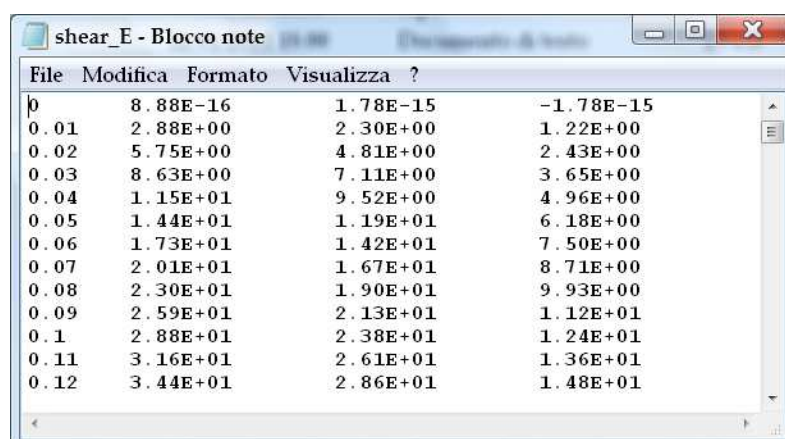


0.000	8.132E-20	1.838E-19	1.626E-19	
0.010	8.948E-05	2.059E-04	2.783E-04	
0.020	1.790E-04	4.119E-04	5.567E-04	
0.030	2.684E-04	6.178E-04	8.350E-04	
0.040	3.579E-04	8.237E-04	1.113E-03	
0.050	4.474E-04	1.030E-03	1.392E-03	
0.060	5.369E-04	1.236E-03	1.670E-03	
0.070	6.264E-04	1.441E-03	1.948E-03	
0.080	7.158E-04	1.647E-03	2.227E-03	
0.090	8.053E-04	1.853E-03	2.505E-03	
0.100	8.948E-04	2.059E-03	2.783E-03	
0.110	9.843E-04	2.265E-03	3.062E-03	
0.120	1.074E-03	2.471E-03	3.340E-03	

Figura 5 – Esempio di file disp_E.txt per Modello Alfa

\Shear_E.txt, \Shear_EP.txt: file formato testo per la lettura da parte del programma delle informazioni inerenti ai tagli di piano ottenuti da un'analisi pushover con modello rispettivamente a comportamento elastico ed anelastico. Il formato del file deve essere come indicato nel seguito.

Passo 1	Taglio di piano 1 al passo 1	...	Taglio di piano N al passo 1
Passo 2	Taglio di piano 1 al passo 2	...	Taglio di piano N al passo 2
...
Passo P	Taglio di piano 1 al passo P	...	Taglio di piano N al passo P

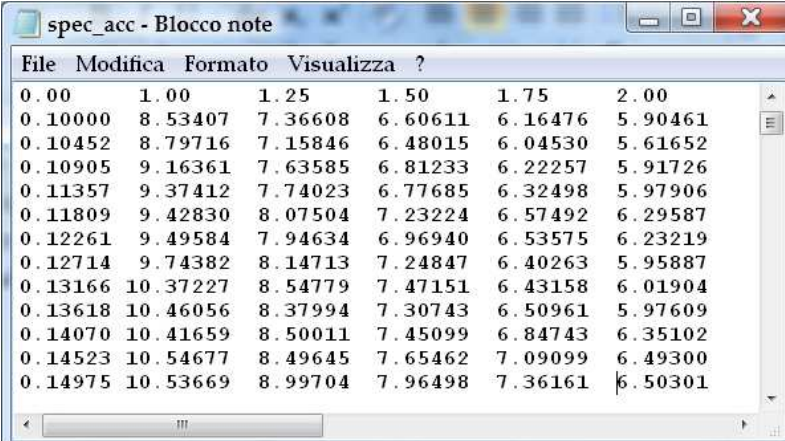


0	8.88E-16	1.78E-15	-1.78E-15	
0.01	2.88E+00	2.30E+00	1.22E+00	
0.02	5.75E+00	4.81E+00	2.43E+00	
0.03	8.63E+00	7.11E+00	3.65E+00	
0.04	1.15E+01	9.52E+00	4.96E+00	
0.05	1.44E+01	1.19E+01	6.18E+00	
0.06	1.73E+01	1.42E+01	7.50E+00	
0.07	2.01E+01	1.67E+01	8.71E+00	
0.08	2.30E+01	1.90E+01	9.93E+00	
0.09	2.59E+01	2.13E+01	1.12E+01	
0.1	2.88E+01	2.38E+01	1.24E+01	
0.11	3.16E+01	2.61E+01	1.36E+01	
0.12	3.44E+01	2.86E+01	1.48E+01	

Figura 6 – Esempio di file shear_E.txt per Modello Alfa

\Spec_acc.txt: file formato testo per la lettura da parte del programma delle informazioni inerenti agli spettri espressi in termini di pseudo-accelerazione a duttilità costante. Il formato del file deve essere come indicato nel seguito. Si è indicato con $Ps-A(T,M)$ il valore spettrale relativo al T -esimo periodo e alla M -esima duttilità considerata.

0.00	Duttilità 1	Duttilità 2	...	Duttilità M
Valore Periodo 1	Ps-A (1,1)	Ps-A (1,2)	...	Ps-A (1,M)
Valore Periodo 2	Ps-A (2,1)	Ps-A (2,2)		Ps-A (1,M)
...
Valore Periodo T	Ps-A (T,1)	Ps-A (T,2)	...	Ps-A (T,M)



File	Modifica	Formato	Visualizza	?	
0.00	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
0.10000	8.53407	7.36608	6.60611	6.16476	5.90461
0.10452	8.79716	7.15846	6.48015	6.04530	5.61652
0.10905	9.16361	7.63585	6.81233	6.22257	5.91726
0.11357	9.37412	7.74023	6.77685	6.32498	5.97906
0.11809	9.42830	8.07504	7.23224	6.57492	6.29587
0.12261	9.49584	7.94634	6.96940	6.53575	6.23219
0.12714	9.74382	8.14713	7.24847	6.40263	5.95887
0.13166	10.37227	8.54779	7.47151	6.43158	6.01904
0.13618	10.46056	8.37994	7.30743	6.50961	5.97609
0.14070	10.41659	8.50011	7.45099	6.84743	6.35102
0.14523	10.54677	8.49645	7.65462	7.09099	6.49300
0.14975	10.53669	8.99704	7.96498	7.36161	6.50301

Figura 7 – Esempio di file spec_acc.txt per accelerogrammi generati

\Spec_disp.txt: file formato testo per la lettura da parte del programma delle informazioni inerenti agli spettri espressi in termini di spostamento a duttilità costante. Il formato del file deve essere come indicato nell'esempio precedente andando a sostituire $Ps-A(T,M)$ con il valore dello spostamento spettrale $D(T,M)$, con l'ovvio significato dei simboli utilizzati prima.

\Spec_ener.txt: file formato testo per la lettura da parte del programma delle informazioni inerenti agli spettri espressi in termini di pseudo-energia a duttilità costante. Il formato del file deve essere come indicato nell'esempio precedente andando a sostituire $Ps-A(T,M)$ con il valore della pseudo-energia spettrale $PsE(T,M)$, con l'ovvio significato dei simboli utilizzati prima.

\Info_spec.txt: file formato testo per la lettura da parte del programma delle informazioni inerenti agli spettri. Tale file è necessario per una corretta lettura degli spettri. Il formato è proposto di seguito.

```
Numero Duttilità considerate
Valore Duttilità 1   Valore Duttilità 1   Valore Duttilità 1   ...   Valore Duttilità 1
Periodo Tc del sisma
```

Figura 8 – Esempio di file Info_spec.txt per spettri di domanda sismica

\Disp_time.txt: file formato testo per la lettura da parte del programma delle informazioni inerenti agli involucri mediati degli spostamenti ottenuti dalle analisi dinamiche non lineari. Tale file riporta tutte le informazioni necessarie per rappresentare la “soluzione convenzionalmente esatta” del problema sismico. Il formato è proposto di seguito.

Spostamento medio livello 1	Dev.st. spostamento liv. 1	COV liv. 1	Spostamento medio meno dev.st.	Spostamento medio più dev.st.
Spostamento medio livello 2	Dev.st. spostamento liv. 2	COV liv. 2	Spostamento medio meno dev.st.	Spostamento medio più dev.st.
...
Spostamento medio livello N	Dev.st. spostamento liv. N	COV liv. N	Spostamento medio meno dev.st.	Spostamento medio più dev.st.

Disp_time - Blocco note				
File	Modifica	Formato	Visualizza	?
0.030077	0.010367	0.344687	0.019710	0.040444
0.059309	0.019913	0.335758	0.039395	0.079222
0.072637	0.024366	0.335445	0.048271	0.097003

Figura 9 – Esempio di file disp_time.txt per Modello Alfa sottoposto ad accelerogramma

\Drift_time.txt: file formato testo per la lettura da parte del programma delle informazioni inerenti agli involuppi mediati degli scorrimenti di piano ottenuti dalle analisi dinamiche non lineari. Tale file riporta tutte le informazioni necessarie per rappresentare la “soluzione convenzionalmente esatta” del problema sismico. Il formato è identico a quello usato per gli spostamenti del punto precedente.

\Shear_tiem.txt: file formato testo per la lettura da parte del programma delle informazioni inerenti agli involuppi mediati del taglio alla base ottenuti dalle analisi dinamiche non lineari. Tale file riporta tutte le informazioni necessarie per rappresentare la “soluzione convenzionalmente esatta” del problema sismico. Il formato è proposto di seguito.

Taglio base medio (elastico)	Dev.st. taglio base (elastico)	COV taglio base (el.)	Taglio base medio meno dev.st. (el.)	Taglio base medio più dev.st. (el.)
Taglio base medio	Dev.st. taglio base	COV taglio base	Taglio base medio meno dev.st.	Taglio base medio più dev.st.
Fattore R medio	Dev.st. fattore R	COV fattore R	Fattore R medio meno dev.st.	Fattore R medio più dev.st.

File	Modifica	Formato	Visualizza ?	
832.00	100.57	0.12088	731.43	932.57
294.93	20.40	0.06916	274.53	315.33
2.8417	0.4673	0.16446	2.3743	3.3090

Figura 10 – Esempio di file shear_time.txt per Modello Alfa sottoposto ad accelerogramma

Esecuzione del programma Energy-Push

Una volta aperta l'interfaccia occorre selezionare nella parte sinistra (riquadro rosso) della GUI di Matlab© i parametri di analisi.

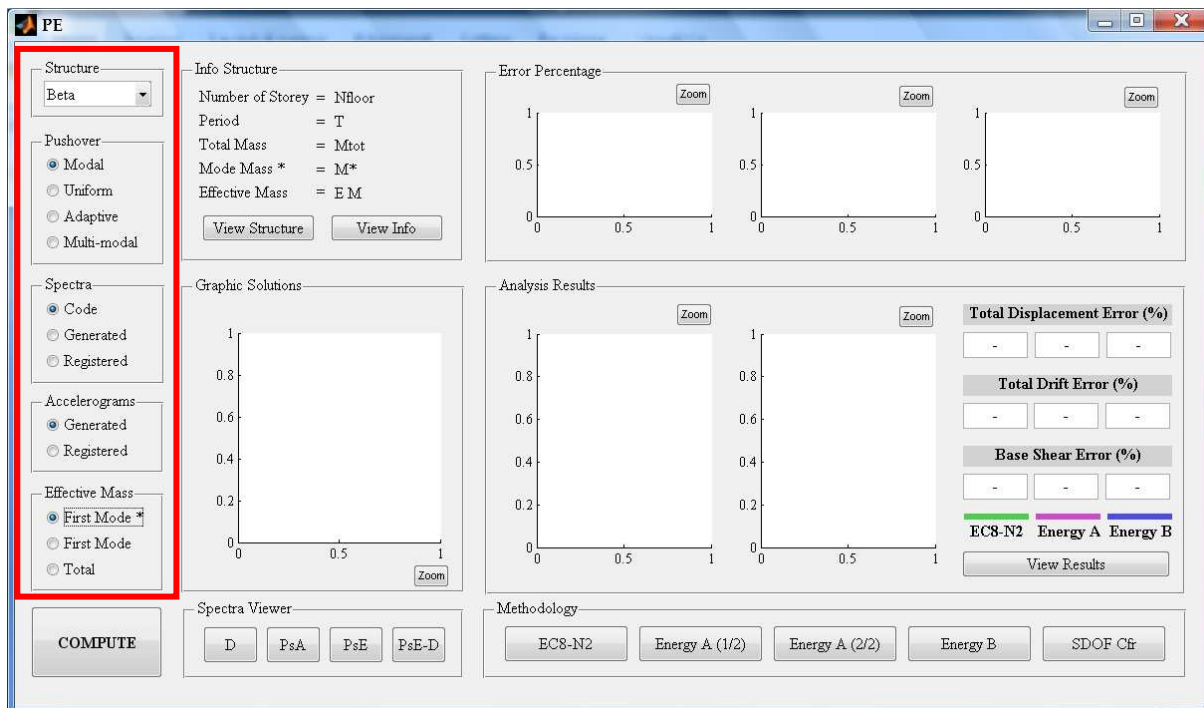


Figura 11 – Selezione dei parametri iniziali per le analisi degli output

Supponiamo di voler trattare i dati inerenti al *Modello Beta*. Il caso di analisi pushover è quello *Modale* in cui gli spettri di domanda sismica sono quelli desunti dalla Norma (EC8). A riprova del metodo la soluzione convenzionalmente esatta è stata calcolata facendo uso di un gruppo di accelerogrammi *Generati*. Nel passaggio di trasformazione della curva capacitiva si è inoltre fatto uso come massa effettiva della *Massa di Primo Modo m^** calcolata secondo la metodologia N2-EC8. In ogni sezione occorrerà spuntare il relativo caso.

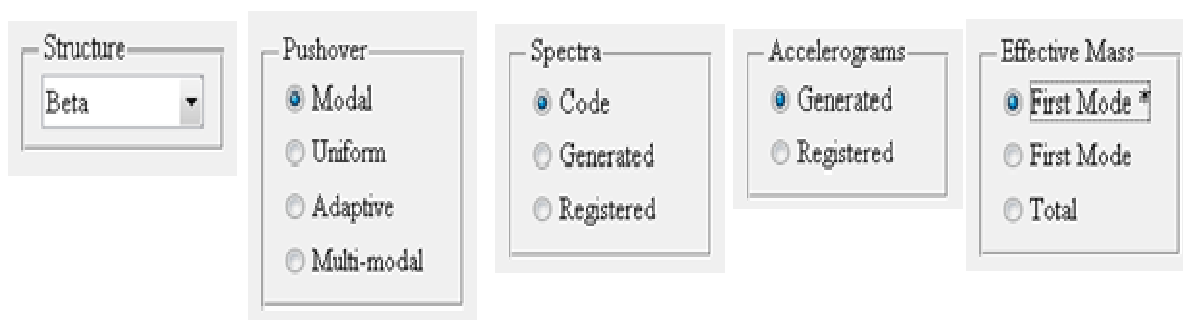


Figura 12 – Esempio di selezione dello specifico caso di analisi proposto

Una volta selezionati i parametri richiesti occorre premere, al fine di avviare l'analisi il tasto



Dopo la pressione di tale tasto il programma inizia i calcoli richiesti. Solitamente il tempo richiesto dall'analisi dei dati richiede alcuni minuti (da 3 a 6 minuti circa). Una volta effettuate le analisi quella proposta sotto sarà la schermata del programma.

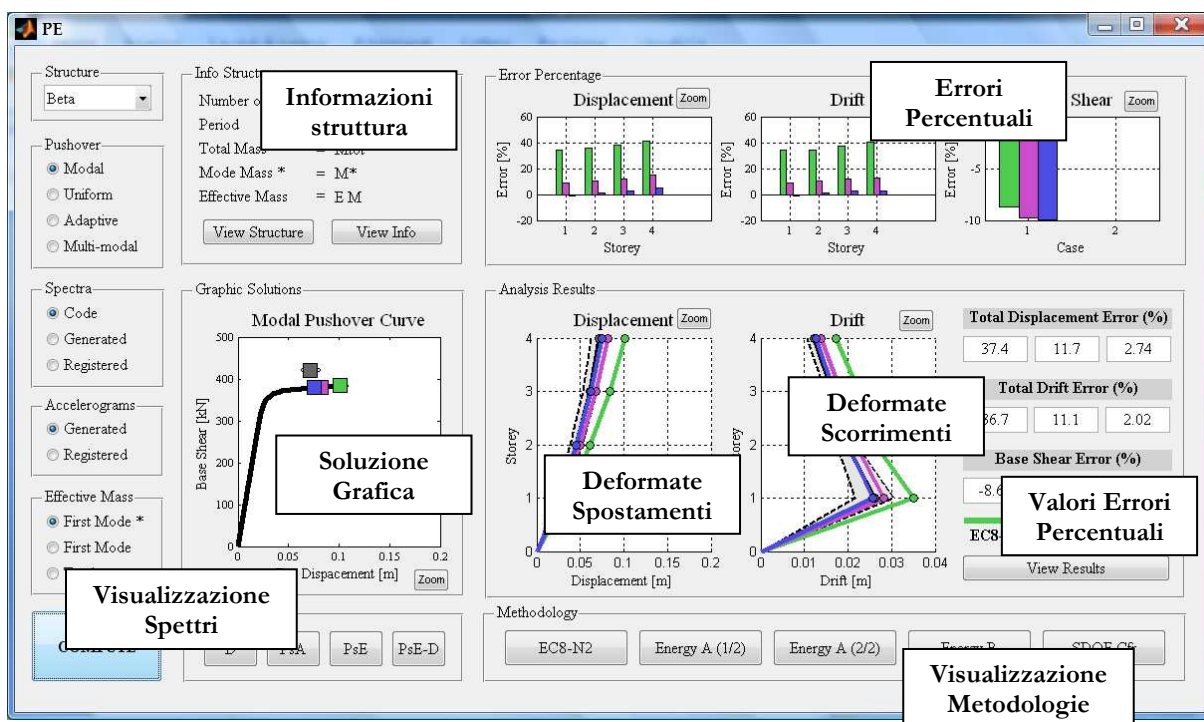


Figura 13 – Schermata principale dopo l'esecuzione del computo dei dati

Ogni sezione riporta le informazioni elaborate dal programma. Nel proseguo sono illustrate le varie sezioni.

Informazioni struttura:

In tale sezione si possono leggere le informazioni relative alla struttura analizzata. In particolare si possono leggere: il numero di piani (*Numbers of Storeyes*); il periodo della prima forma modale (*Period*); la massa totale della struttura (*Total Mass*); la massa di primo modo m^* calcolata secondo il metodo EC8-N2 (*Mode Mass **); la massa effettiva usata nei metodi basati sull'energia (*Effective Mass*). Con la pressione del tasto *View Structure* è possibile visualizzare la struttura esaminata. Con la pressione del tasto *View info* è invece possibile aprire il file *Dati_modello.doc* con riportate tutte le informazioni della struttura in modo più dettagliato.

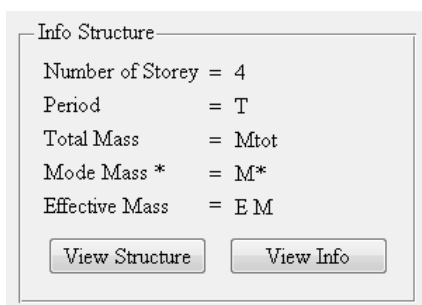


Figura 14 – Sezione per la visualizzazione delle informazioni generali della struttura

Soluzione grafica:

In tale sezione viene visualizzata la curva di pushover Taglio alla base – Spostamento sommitale in cui sono proposte le soluzioni scaturite dalle varie metodologie. Per congruenza vengono riportate le coppie taglio alla base e spostamento relative alla soluzione di ogni metodo per fornire un colpo d'occhio della bontà delle analisi. In corrispondenza della soluzione convenzionalmente esatta è proposto anche un ellisse di variazione costruito puntando detto ellisse sul valore medio e valutandone l'ingombro aggiungendo o togliendo una volta la deviazione standard. Con il tasto *Zoom* è possibile aprire l'immagine del grafico (file .bmp presente nella cartella *\Output*) così da avere una migliore visione del risultato.

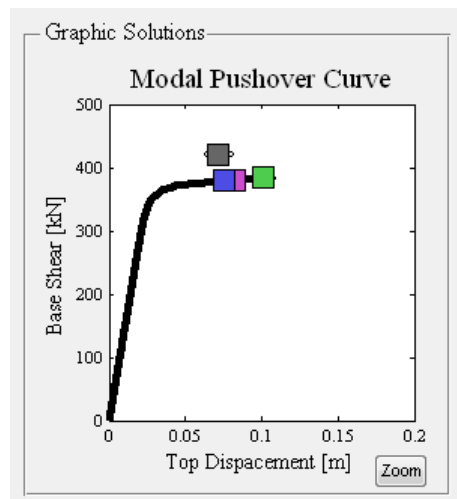


Figura 15 – Sezione per la visualizzazione grafica della soluzione

Errori percentuali:

In tale sezione vengono visualizzati gli errori percentuali ad ogni livello relativi agli spostamenti e scorrimenti di piano, taglio alla base ottenuti dal confronto delle soluzioni scaturite dalle varie metodologie con la soluzione convenzionalmente esatta ottenuta dall'analisi dinamica non lineare. Con i tasti *Zoom* è possibile aprire l'immagine del relativo grafico (file .bmp presente nella cartella *\Output*) così da avere una migliore visione del risultato.

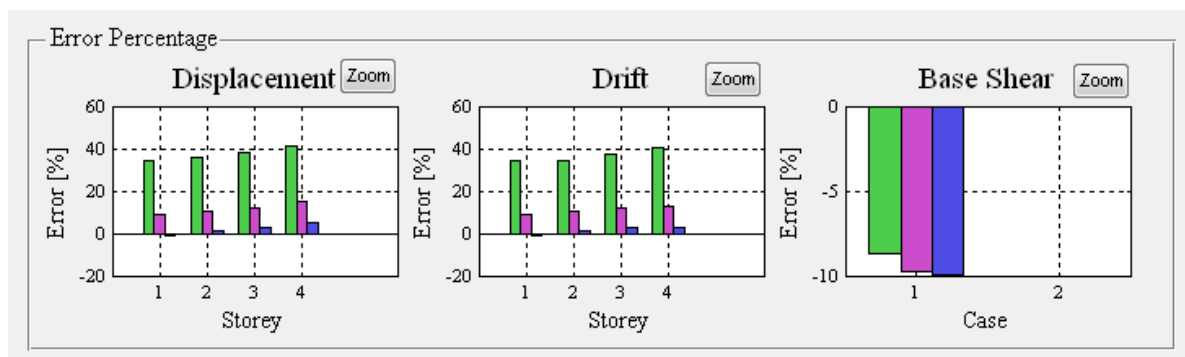


Figura 16 – Sezione per la visualizzazione grafica degli errori percentuali

Risultati analisi:

In tale sezione vengono visualizzati i principali risultati ottenuti dall'analisi del programma. Nello specifico si sono proposte: la deformata degli spostamenti di piano; la deformata degli scontrimenti di piano. Nello specifico si sono proposte le deformate relative alle soluzioni trovate con le diverse metodologie messe a confronto con la deformata media degli involuipi tenuto conto della variazione della risposta (valore medio più e meno la deviazione standard). Tale range di variazione statistica è enfatizzato in grigio. Con i tasti *Zoom* è possibile aprire l'immagine del relativo grafico (file .bmp presente nella cartella *\Output*) così da avere una migliore visione del risultato. Nella parte a destra sono proposti per completezza anche i valori numerici degli errori percentuali che rappresentano un parametro per valutare l'affidabilità del metodo. Con il tasto *View Results* si apre il file *Solution.doc* presente nella cartella *\Output* in cui sono riportati tutti i principali parametri in output.

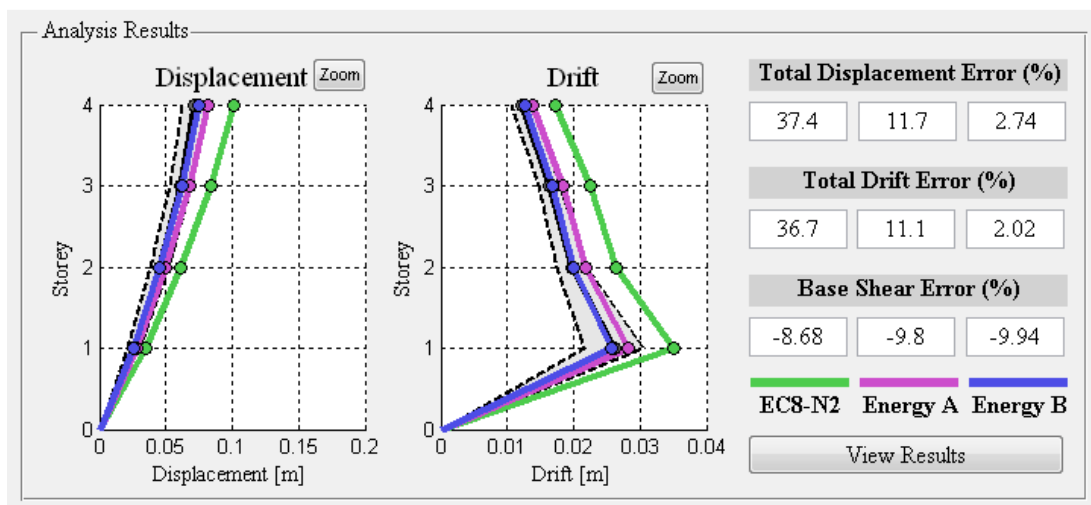


Figura 17 – Sezione per la visualizzazione grafica dei risultati

Spettri di domanda sismica:

In tale sezione è possibile, attraverso opportuni bottoni, visualizzare gli spettri di domanda sismica impiegati nel computo del programma. Nello specifico si usa il tasto: *D* per la lo spettro di spostamento; *PsA* per la lo spettro di pseudo-accelerazione; *PsE* per la lo spettro di pseudo-energia; *PsE-D* per la lo spettro di pseudo-energia in funzione dello spostamento;

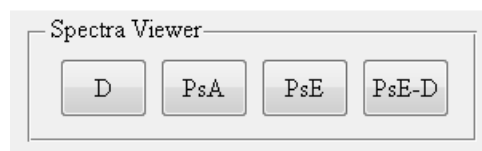


Figura 18 – Sezione per la visualizzazione grafica degli spettri

Risultati metodologie:

In tale sezione vengono infine proposti i risultati grafici delle metodologie proposte. Attraverso la pressione dei relativi bottoni si accede al relativo file grafico. In particolare di ha che premendo il bottone: *EC8-N2* si visualizza il metodo di pushover proposto dall'Eurocodice N2; *Energy A (1/2)* la prima parte della metodologia A basata sull'energia; *Energy A (2/2)* la seconda parte della metodologia A basata sull'energia; *Energy B* la metodologia B basata sull'energia; *SDOF Cfr* si ha il confronto grafico dei sistemi bilineari relativi alla soluzione di ogni singola analisi considerata.

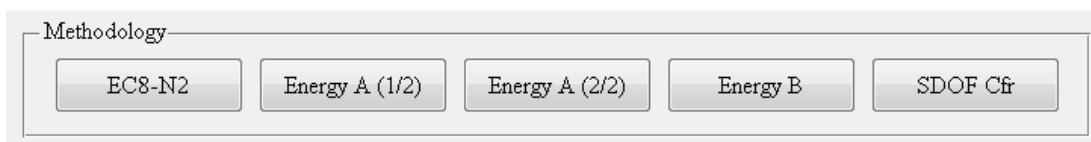


Figura 19 – Sezione per la visualizzazione grafica delle metodologie impiegate

In aggiunta si può direttamente accedere ai vari file salvati in automatico dal programma nella cartella *\Output*. In tale cartella, oltre già ai file sopra descritti, si può trovare il file *Check_program.txt* in cui viene, ad ogni passaggio del programma, salvata l'operazione eseguita dallo stesso. Tale file può essere utile in caso di blocco della routine per individuare l'errore nell'esecuzione delle procedure.

Autore del Programma *Energy-Push* e del *Manuale Utente*
dott. ing. Enrico Tomassoli
via molinello, 8 – fraz. Badiali
06012 – Città di Castello – Perugia
e-mail enricotomassoli@tiscali.it
cellulare 328.18.85.943
Versione Novembre 2011