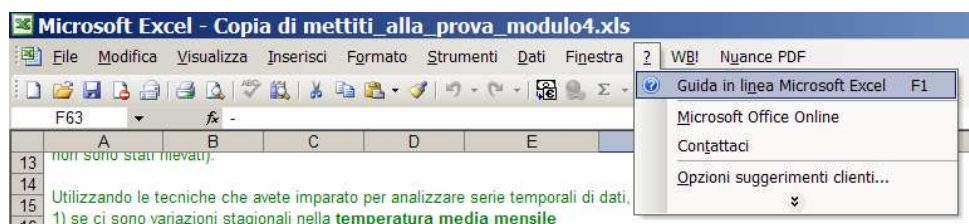


LABORATORIO DI ANALISI DEI SISTEMI

Si utilizzerà, come strumento di lavoro, un foglio elettronico, il più diffuso Excel[®] o anche quello gratuito di OpenOffice (www.OpenOffice.org). Tale scelta, pur non essendo talvolta un foglio elettronico il software ideale per la risoluzione dei problemi proposti, è stata dettata dalla flessibilità del prodotto e dall'ipotesi che esso costituisca comunque uno dei più comuni strumenti di lavoro degli studenti e degli ingegneri.

Uno dei vantaggi di questo approccio è che tutto (dati, risoluzione, risultati, grafici) è su un foglio e quindi non presenta difficoltà di lettura ed è modificabile in modo praticamente istantaneo. Tra i suoi difetti, c'è invece la mancanza di una funzione specifica per la simulazione, che va quindi opportunamente "programmata".

Riassumiamo qui pochissime delle molte variabili e funzioni di Excel, utilizzate negli esercizi allegati, rinviando il lettore, per una spiegazione più completa, ad alcuni dettagli illustrati negli esercizi del testo e soprattutto al manuale del programma. Lo si può trovare tra le opzioni in alto allo schermo, cliccando sul punto interrogativo.



Per fare riferimento ad una cella del foglio si utilizzano le sue coordinate in termini di righe e colonne (come nel gioco della "battaglia navale"). Esse possono essere scritte come:

INDIRIZZO RELATIVO: una cella fa riferimento ad ogni altra cella, scrivendo esplicitamente la lettera corrispondente alla colonna e il numero corrispondente alla riga. Es. C23. Questo indirizzo viene automaticamente modificato per mantenere le coordinate relative, ogni volta che la cella viene spostata.

INDIRIZZO ASSOLUTO: premettendo \$ ad una coordinata (o a entrambe), le si rende assolute. Esse quindi saranno duplicate esattamente durante un'operazione di spostamento. Es. C\$23.

FUNZIONE: se una cella comincia con =, essa indica un'operazione tra celle o una funzione (scelta dall'apposito elenco). Es. =C23+D\$21 oppure = SEN(G41).

OPERAZIONI MATRICIALI: danno un risultato in forma di matrice. Si deve selezionare prima l'area nella quale apparirà il risultato, poi specificare l'operazione da compiere e poi, al posto di "invio", battere contemporaneamente "ctrl","maiuscolo","invio". Se ciò non viene fatto, appare solo il primo elemento del risultato nella cella corrente. Es. =MATR.INVERSA(A1,C3), compie l'inversione della matrice contenuta nelle prime 3 righe e 3 colonne, mettendo il risultato in un'altra area di 3x3 celle.

TABELLA: è un'opzione del menu "Dati", che consente di valutare diverse volte un risultato, al variare di un valore. Occorre mettere su una colonna tutti i valori che si vogliono sperimentare, porre, al di sopra della colonna a fianco l'indirizzo della cella che si vuole ricalcolare, quindi selezionare entrambe le colonne e scegliere l'opzione "Tabella". Appare una finestra che richiede l'indirizzo della cella da modificare, dopo averlo inserito, si termina con "ctrl","maiuscolo","invio" e la tabella viene riempita.

E' infine importante ricordare che non tutte le ampie possibilità di Excel sono immediatamente disponibili all'apertura del programma. Una parte di esse viene aggiunta solo su richiesta dell'utente. A questo scopo occorre aprire il menu "Strumenti" e scegliere "Componenti aggiuntivi". Viene proposto un elenco degli elementi da caricare. Per l'esecuzione degli esercizi che seguono, è necessario selezionare "Strumenti di analisi"(per utilizzare i numeri complessi) e "Aggiunta risolutore" (per risolvere problemi di ottimizzazione). Occorre inoltre tenere presente che, mentre le normali funzioni vengono automaticamente tradotte passando, ad esempio, da una versione italiana ad una inglese del programma, quelle dei componenti aggiuntivi vanno trasformate manualmente. Una volta selezionati, questi componenti saranno caricati ad ogni avvio del programma, fino ad una loro eventuale deselezione.

COME SI IMPOSTA UNA SIMULAZIONE

La simulazione va impostata nel foglio definendo una riga o una colonna di celle per ogni passo della simulazione stessa. La scelta di avere i dati di ciascun passo su una riga, e quindi il tempo e i valori delle variabili su colonne, è più efficiente dal punto di vista informatico e consente simulazioni più lunghe.

Poniamo quindi in una cella, per la quale utilizzeremo un indirizzo assoluto, il passo di simulazione e su una colonna, che rappresenterà il tempo, sommiamo in ogni cella il passo al valore precedente. Accanto, porremo la colonna dei valori delle variabili che, se si tratta di variabili di stato del modello, andranno definite esplicitando l'algoritmo di discretizzazione (ad esempio: Eulero o Runge-Kutta). Quindi in ciascuna cella scriveremo la somma del valore nella cella superiore più il passo di simulazione per l'approssimazione della derivata (vedi figura).

	A	B	C	D	E	F	G
1	SIMULAZIONE				PARAMETRI		
2	passo Δt	0,1			Kb	0,112	
3					Ko	1,611	
4	tempo	BOD	DO		Saturaz.	10,500	
5	0	106,000	7,500				
6	0,1	104,814	6,797				
7	0,2	103,640	6,220				
8	0,3	102,480	5,750				
9	0,4	101,333	5,368				
10	0,5	100,199	5,061				

Nell'esempio precedente, che utilizza il metodo di Eulero, le caselle della riga 5 contengono i valori iniziali delle variabili, mentre la casella B6 contiene l'espressione $=B5+\$B\$2*(-\$F\$2*B5)$, dove B2 è il valore del passo di discretizzazione e F2 un parametro del modello (le frecce sono generate dall'opzione "controllo", "individua precedenti" del menu "Strumenti" che consente appunto di visualizzare le celle da cui dipende quella selezionata). Un'analogha espressione sarà contenuta nella colonna successiva.

Per effettuare un lunga simulazione, una volta definita la seconda riga, basta copiare le celle verso il basso (si possono usare le classiche "Ctrl-C" e "Ctrl-V" o tirare in basso il quadratino che appare a destra delle celle selezionate) per tutta la lunghezza richiesta della simulazione.

Per avere una simulazione più accurata è possibile usare il metodo di Runge-Kutta, che però è più complesso perché richiede ad ogni passo quattro valutazioni approssimate della derivata ed è quindi preferibile impostarlo su più colonne per ognuna delle variabili..

Infine, è opportuno ricordare che, tra i vantaggi dell'utilizzo di un foglio elettronico c'è la possibilità di inserire dei grafici che si modificano automaticamente al variare dei dati. Per visualizzare correttamente una simulazione occorre selezionare prima la colonna dei tempi e poi quella(e) del(i) valore(i) e scegliere il grafico tipo "dispersione (XY)". In caso contrario, benché l'andamento delle variabili sia rappresentato correttamente, sull'asse orizzontale non vengono riportati i valori del tempo.

COME SI IMPOSTA UN'OTTIMIZZAZIONE

Excel è dotato della funzione "Risolutore" per la soluzione dei problemi di ottimizzazione. Tuttavia essa fa parte delle "aggiunte" e quindi deve essere caricata all'inizio del programma. Come già detto, se essa non è disponibile sotto il menu "Strumenti", va caricata selezionando la casella relativa sotto l'opzione "Componenti aggiuntivi".

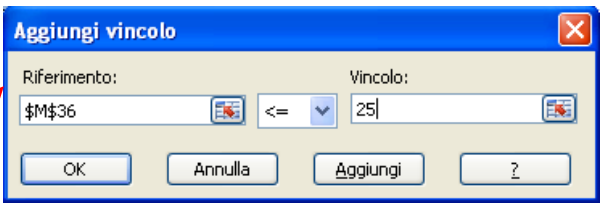
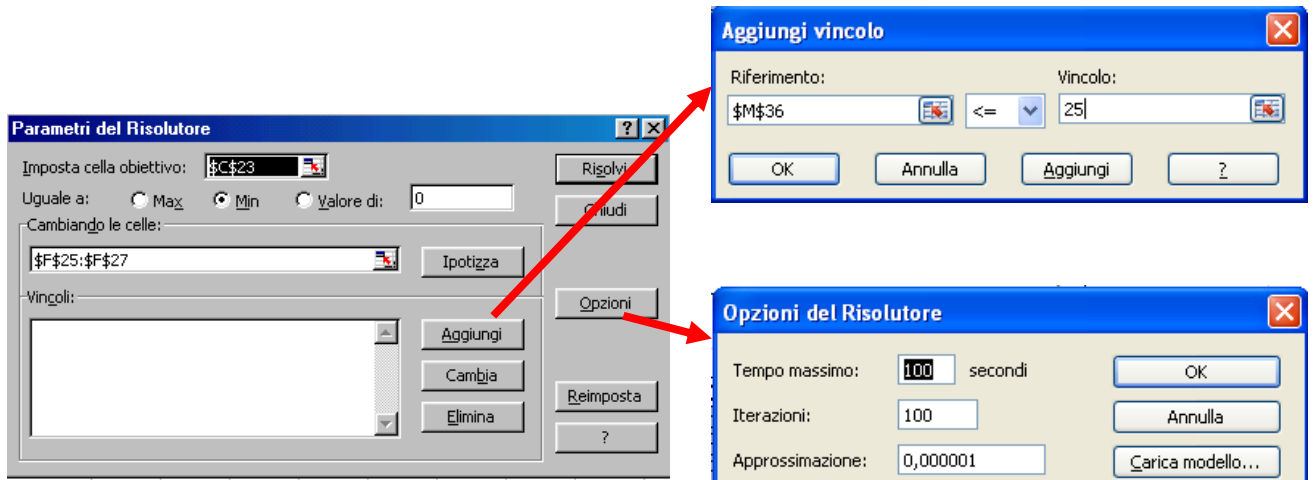
L'utilizzo del risolutore è molto semplice: si apre una finestra (vedi figura seguente) nella quale va impostata la cella che contiene il valore dell'obiettivo, quelle che contengono le variabili di decisione e gli eventuali vincoli. Questi

vanno aggiunti uno alla volta, ma possono essere costituiti da interi vettori o matrici. Tra le opzioni del risolutore, oltre alla scelta tra due metodi di ricerca, ne sono presenti due particolarmente importanti: la prima è “Presupponi modello lineare” che va selezionata appena il problema lo consenta perché facilita molto la soluzione, e la seconda è “Presupponi non negativo”, che va quasi sempre impostata, dato il tipo di variabili che si utilizzano nella maggior parte dei problemi. Un’altra opzione che può essere interessante è “Mostra risultato iterazioni”, che fa apparire passo passo come evolve la ricerca dell’ottimo (sia come valore dell’obiettivo che delle variabili) in un’apposita finestra. Inoltre occorre assicurarsi che sia selezionata la scelta corretta tra max e min.

Si tenga presente che i metodi di soluzione disponibili sono molto generali e quindi non particolarmente efficienti (spesso si arrestano lontano dall’ottimo). Inoltre, non possono tener conto dell’eventuale interezza delle variabili di decisione, nelle versioni precedenti la 2010. In quest’ultima infatti, l’ottimizzazione è stata decisamente potenziata può arrivare a 1200 variabili, che possono anche essere definite intere o binarie. Per fare ciò occorre aprire la finestra dei vincoli e impostare l’opzione desiderata.

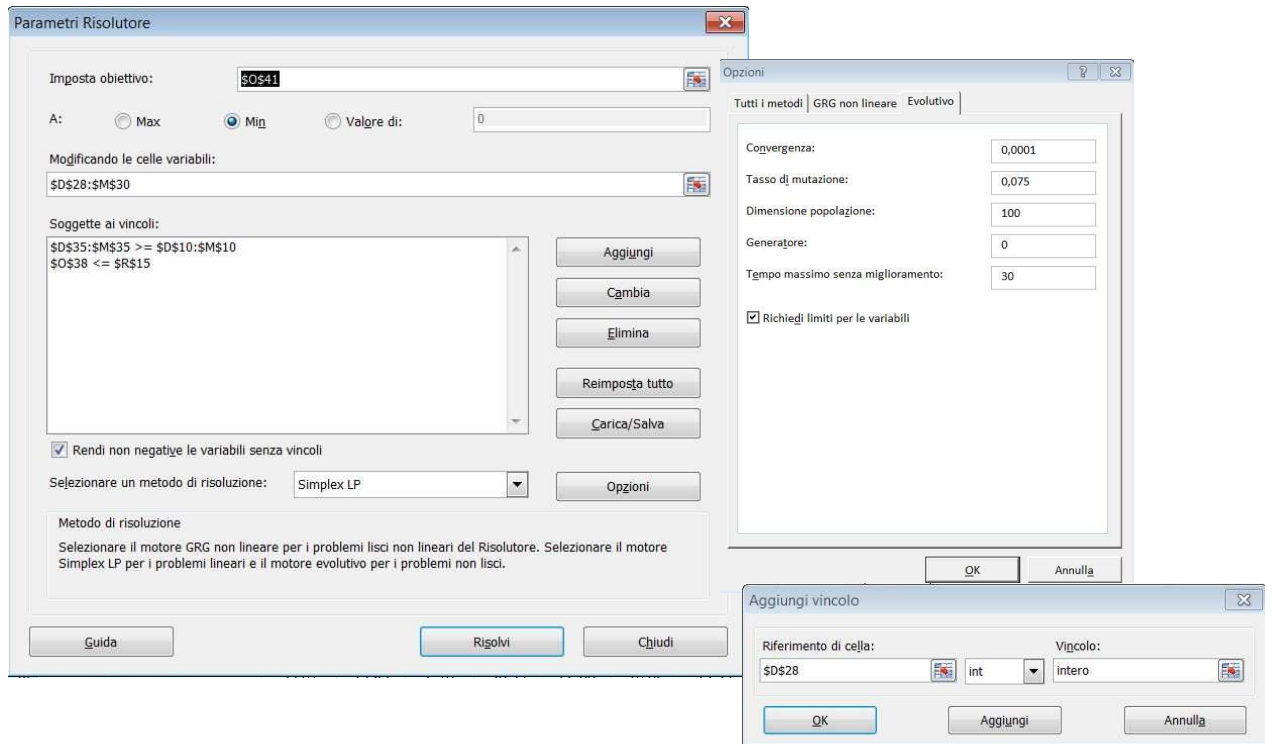
Nelle figure seguenti, sono mostrate le opzioni e l’aggiunta dei vincoli nelle versioni fino alla 2007 e nella versione 2010.

Versioni 1997-2007



- Sono disponibili tre algoritmi di soluzione:
- **Lineare:** occorre spuntare l’opzione “Presupponi modello lineare”
 - **Newton**
 - **Gradienti coniugati**
- Entrambi questi ultimi sono adatti a problemi non lineari con funzioni sufficientemente regolari.

Versione 2010



Sono disponibili tre tipi di algoritmi di soluzione:

- **Simplex LP** che implementa ovviamente l'algoritmo del semplice per la programmazione lineare o quello cosiddetto "*branch and bound*" nel caso delle variabili intere (o binarie).
- **GRG non lineare** che è un metodo basato sull'algoritmo del gradiente (*generalized reduced gradient*) ed è adatto a problemi non lineari in cui le funzioni siano sufficientemente regolari.
- **Evolutivo** cioè basato sugli algoritmi di tipo genetico, è adatto a problemi anche difficili (*stiff*), ma richiede di definire a priori il campo di valori delle variabili di decisione all'interno dei quali effettuare la ricerca.