

Crystal Ball

Tutorial Pratico

“Mai tentare di attraversare un fiume solo perché ha una profondità media di un metro.”

Contents

| | |
|--|----|
| <i>Crystal Ball per il Risk Analysis</i> | 4 |
| 1.1 Cosa si intende per Risk Analysis | 4 |
| 1.2 Risk Analysis Tradizionale | 4 |
| 1.2.1 La struttura di un Modello tradizionale | 5 |
| 1.3 Spreadsheet Risk Analysis | 5 |
| 1.4 I Modelli in Excel | 5 |
| 1.4.1 Dati vs. Analisi | 5 |
| 1.5 Creare i modelli in un foglio dati | 6 |
| 1.6 Identificare incertezze e definire assunzioni | 6 |
| 1.7 Identificare quale previsione si vuole analizzare | 7 |
| 1.8 Analizzare i risultati delle simulazioni | 7 |
| 1.9 Cosa è la simulazione? | 8 |
| 1.9.1 Cosa fare delle variabili incerte? | 8 |
| 1.9.2 Cosa succede durante una simulazione?..... | 8 |
| 1.10 Come si possono analizzare i risultati di una simulazione? | 8 |
| 2 Crystal Ball in Excel | 9 |
| 2.1 L'ambiente di Crystal Ball | 9 |
| 2.1.1 La Barra degli Strumenti di Crystal Ball | 9 |
| 3 Quale decisione prendere? | 11 |
| 3.1 Il modello base e le stime | 11 |
| 4 Definire le variabili incerte | 13 |
| 5 Definire le variabili di Forecast | 14 |
| 6 Eseguire una Simulazione | 15 |
| 7 Utilizzare il Forecast Chart | 16 |
| 8 Applicazione Ingegneristica | 18 |

Crystal Ball per il Risk Analysis

Crystal Ball visualizza le opportunità ed i rischi nascosti di un modello Excel utilizzando Avanzate Tecniche Analitiche e rendendole semplici da usare.

Molti problemi del mondo reale che contengono elementi di incertezza sono troppo complessi da risolvere per via analitica perché, o sono troppo difficili da riprodurre, o vi sono troppe combinazioni di valori di input da prendere in considerazione per poter calcolare ciascun possibile risultato.

Il processo di simulazione è un processo iterativo volto ad imitare un sistema reale.

L'obiettivo di una simulazione è l'analisi di processi reali in modo veloce ed accurato

Crystal Ball è un programma di simulazione facile da usare, che consente l'analisi rischio sui propri dati memorizzati nei files MS Excel. Questo articolo offre una breve visione di come Crystal Ball può essere utilizzato.

I modelli di Excel sono deterministici, questo significa che i dati d'ingresso sono fissi (un valore una cella). Quindi si potrà ottenere solo una soluzione alla volta. Se si vogliono ottenere risultati alternativi, bisogna modificare manualmente i dati del modello.

La Simulazione è il modo per generare ed analizzare velocemente diversi risultati possibili. Excel stesso non può eseguire simulazioni quindi è necessario aggiungere un Add-In come Crystal Ball per poter ottenere questa operazione.

1.1 Cosa si intende per Risk Analysis

Le incertezze su situazioni sono spesso indicate come Rischio, che è la probabilità di eventi indesiderati come, insuccessi, perdite e danni, che si possono verificare nei progetti lavorativi. Ovviamente la possibilità di tenere basse queste probabilità di rischio, con la relativa alta percentuale di profitto, è generalmente un desiderio comune.

Il **Rischio** è la possibilità di perdite, insuccessi, danni ed qualsiasi tipo di eventi indesiderati.

Per esempio, se vi sarà un incremento di vendite nei prossimi mesi oltre una certa soglia (evento desiderabile), gli ordini ridurranno le disponibilità di magazzino e vi sarà quindi un ritardo nella spedizione del materiale (evento indesiderabile). Se questo ritardo è tale da compromettere l'andamento delle vendite, ci troveremo in presenza di un rischio da analizzare.

Quindi, vi sono 2 punti da analizzare:

- Dov'è il rischio?
- Come quantificare il rischio?

Ogni cambiamento, buono o cattivo, comporta qualche rischio. Una volta che il rischio è stato identificato, la realizzazione di un modello di previsione potrebbe aiutare a quantificare questo rischio. Quantificare il rischio significa dare un valore che consente di prendere la decisione adeguata.

Per esempio, se vi sono il 25% di possibilità superare il limite ad un costo di \$100, il rischio risulta accettabile, ma se vi fossero il 5% di possibilità con un costo di \$10,000, il rischio potrebbe non risultare vantaggioso.

1.2 Risk Analysis Tradizionale

Sia che si operi su modelli esistenti sia su nuovi, vi saranno dei valori incerti nel foglio dati da analizzare, dei quali ci domanderemo, "Quant'è il livello di confidenza di questi risultati? Di quanto possono variare? Quanto sono sicuro di ottenere il valore predetto?".

1.2.1 La struttura di un Modello tradizionale

Tradizionalmente, l'analisi su fogli dati cerca di risolvere le probabilità secondo 3 modi: Punti Stimati, Intervallo di Stime e Scenari What-if.

Punti Stimati sono quando si usano i valori più prossimi al quelli stimati. Queste stime sono facili da realizzare ma possono ottenere risultati inaffidabili.

Per esempio: se ci vogliono in media 25 min. per andare all'aeroporto, se si parte 25 min. prima che il volo parta, si avranno il 50% delle probabilità di perdere l'aereo.

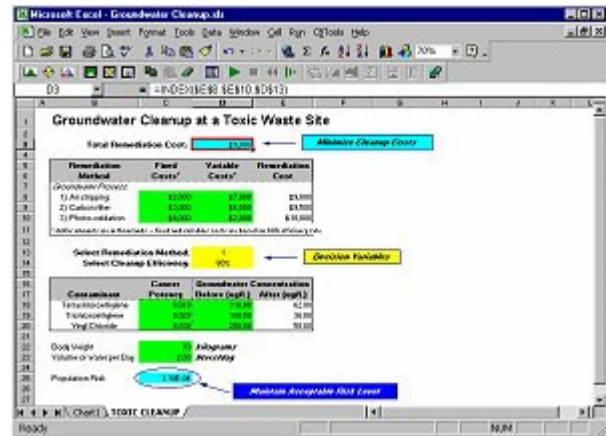
Intervalli di Stime tipicamente si calcolano 3 scenari: il caso migliore, quello peggiore e quello più probabile. Queste previsioni possono dare un intervallo di risultati ma non le loro probabilità.

Scenari What-if sono basati tipicamente su intervalli di stime e calcolano diversi possibili scenari. Questa forma d'analisi è estremamente elaborata ed offre diverse interpretazioni, ma ancora non da il livello di probabilità di raggiungere i risultati attesi.

1.3 Spreadsheet Risk Analysis

Si può eseguire la risk analysis in diversi modi, uno dei più popolare è l'elaborazione di un modello in un foglio Excel che aiuta nell'identificazione delle variabili.

Una convenzione nell'utilizzo dei modelli spreadsheet, è quella di inserire nelle celle solamente un valore per volta. - "Perché inserire più valori per cella?" - vi chiederete. Ricordate i valori incerti che si possono rappresentare con i precedenti metodi/scenari? Uno spreadsheet non vi consente di inserire un intervallo di valori che consentirebbero di calcolare i risultati voluti con previsioni molto più realistiche. Crystal Ball vi aiuta nella definizione di queste variabili incerte in un modo completamente nuovo; definendo la cella con un range di valori impostati, e tenendo traccia dei diversi scenari possibili elaborati in cicli di simulazione con il metodo Monte-Carlo.



1.4 I Modelli in Excel

Crystal Ball utilizza modelli su spreadsheet di MS Excel. Il foglio dati potrebbe già essere un modello, dipende dal tipo d'informazioni o calcoli inseriti nelle celle del file.

1.4.1 Dati vs. Analisi

Se i fogli tabellari vengono usati solamente per memorizzare i dati (dati di vendita, inventario, finanziario, ingegneristico, etc.), questo non è un modello.

Un modello è uno spreadsheet che si è evoluto da semplice contenitore di dati a uno strumento d'analisi.

Un modello rappresenta un processo che combina dati, formule e funzioni e che consente l'interpretazione e l'analisi dei dati.

1.5 Creare i modelli in un foglio dati

Siccome Crystal Ball è uno strumento di analisi, lo si potrà utilizzare per fare simulazioni anche su dati esistenti in ogni settore dell'industria per ogni applicazione. Per esempio, se fossimo un ricercatore in un'industria Farmaceutica, si potrebbe volere analizzare i dati presenti nel foglio qui sotto per il successo finanziario del proprio progetto.

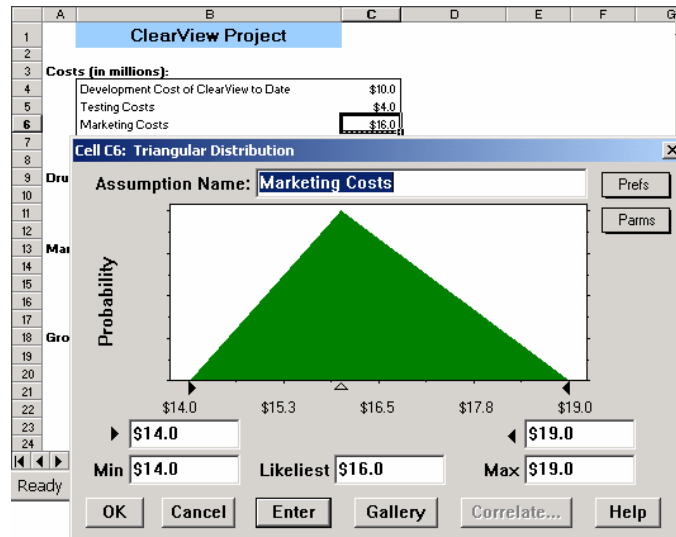
Senza l'ausilio di un processo di simulazione si potrà calcolare un Profitto Netto di \$9,200,000. Non male, ma non si ha la completa visione della probabilità di questo risultato. A quale percentuale di sicurezza possiamo fare affidamento? Una simulazione potrà visualizzare la probabilità dei risultati ottenuti.

| | A | B | C | D |
|----|---|---|---------|---|
| 1 | | ClearView Project | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | Costs (in millions): | | |
| 4 | | Development Cost of ClearView to Date | \$10.0 | |
| 5 | | Testing Costs | \$4.0 | |
| 6 | | Marketing Costs | \$16.0 | |
| 7 | | Total Costs | \$30.0 | |
| 8 | | | | |
| 9 | | Drug Test (sample of 100 patients): | | |
| 10 | | Patients Cured | 100 | |
| 11 | | FDA Approved if 20 or More Patients Cured | TRUE | |
| 12 | | | | |
| 13 | | Market Study (in millions): | | |
| 14 | | Persons in U.S. with Nearsightedness Today | 40.0 | |
| 15 | | Growth Rate of Nearsightedness | 2.00% | |
| 16 | | Persons with Nearsightedness After One Year | 40.8 | |
| 17 | | | | |
| 18 | | Gross Profit on Dosages Sold: | | |
| 19 | | Market Penetration | 8.00% | |
| 20 | | Profit Per Customer in Dollars | \$12.00 | |
| 21 | | Gross Profit if Approved (MM) | \$39.2 | |
| 22 | | | | |
| 23 | | Net Profit (MM) | \$9.2 | |
| 24 | | | | |

1.6 Identificare incertezze e definire assunzioni

Il primo passo nell'uso di Crystal Ball è di determinare quali dati di input sono incerti. Quali valori sono stimati? Quali sono le medie?

Nell'esempio, si conosce che Marketing Costs (cella C6) può variare da \$14.000.000 a \$19.000.000, ma sarà abbastanza vicino a \$16.000.000. Quindi si può usare Crystal Ball per definire una distribuzione Triangolare con questi parametri.



L'ampiezza del triangolo rappresenta l'intervallo dei valori possibili, mentre l'altezza rappresenta la probabilità del valore in uscita. Il punto più alto del triangolo \$16,000,000, è il valore più atteso come risultato.

1.7 Identificare quale previsione si vuole analizzare

Il passo successivo è quello di identificare una previsione. Una previsione è una cella di formula che si vuole analizzare e misurare. In questo modello, viene selezionata Net Profit (cell C23). Una volta che si sono impostate le varie assunzioni e previsioni, si usano i comandi Crystal Ball o icone per eseguire una simulazione. Per ciascuna esecuzione del ciclo di simulazione (chiamato Trial), Crystal Ball inserisce un valore casuale nella cella Marketing Cost basandosi sul valore impostato nella distribuzione triangolare. Per trial #1, il valore casuale potrebbe essere \$15,000,000, seguito da \$17,500,000 per il trial #2, \$16,875,000 trial #3, e così via. Ogni volta Crystal Ball inserisce un valore casuale, ricalcolando l'intero foglio dati e salvando il valore di previsione nella sua memoria per successive analisi.

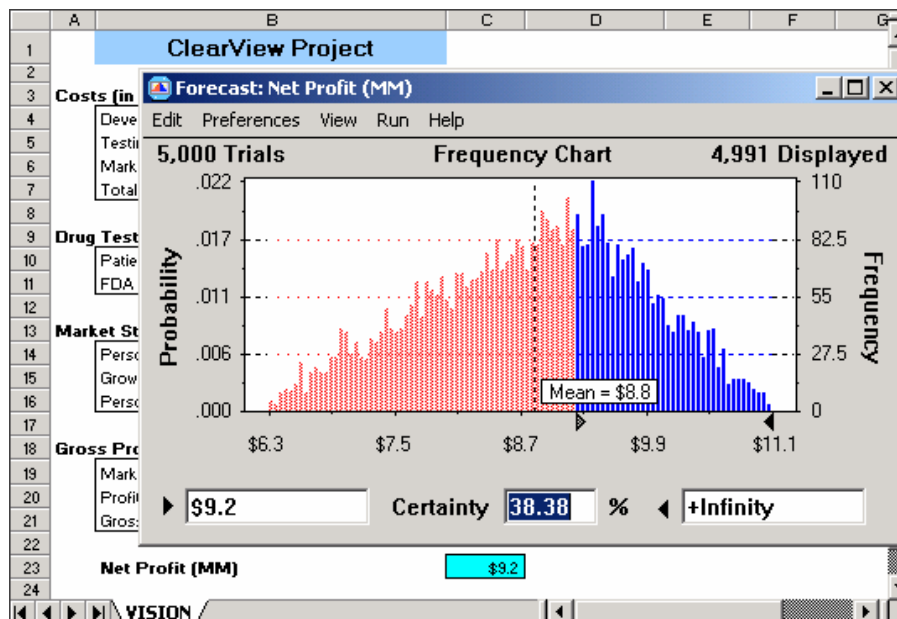
| Costs (in millions): | |
|---------------------------------------|--------|
| Development Cost of ClearView to Date | \$10.0 |
| Testing Costs | \$4.0 |
| Marketing Costs | \$16.0 |
| Total Costs | \$30.0 |

| Gross Profit on | |
|--------------------------------|---------|
| Market Penetration | 8.00% |
| Profit Per Customer in Dollars | \$12.00 |
| Gross Profit if Approved (MM) | \$39.2 |

Net Profit (MM)

1.8 Analizzare i risultati delle simulazioni

Se vengono eseguiti 5000 trials, si otterranno 5000 risultati possibili, rispetto al singolo risultato di partenza in un foglio dati deterministico. I risultati di una simulazione vengono visualizzati in un istogramma interattivo.



Da notare che l'intervallo di valori possibili di Net Profit va da \$6,300,000 a \$11,100,000, con un valore medio di \$8,800,000. C'è solo un 38% di probabilità che si ottenga un Net Profit di \$9,200,000 come originariamente predetto.

1.9 Cosa è la simulazione?

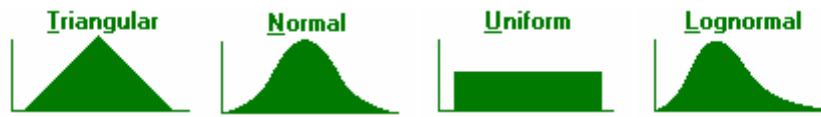
Quando usiamo la parola simulazione, intendiamo qualsiasi metodo analitico in grado di imitare un sistema reale, specialmente quando altre analisi sono troppo matematicamente complesse o difficili da riprodurre.

Senza l'aiuto di una simulazione un modello spreadsheet potrà rivelare solamente un risultato singolo, tipicamente il valore medio dello scenario.

Un tipo di simulazione spreadsheet è la **Monte Carlo**, che genera valori casuali per le variabili incerte in un modello.

1.9.1 Cosa fare delle variabili incerte?

Per ogni variabile incerta (che può assumere diversi intervalli di valori possibili), si definiscono i possibili valori con una distribuzione probability distribution. Il tipo di distribuzione selezionata è basata sulle condizioni attorno alla variabile. I tipi di distribuzione includono:



1.9.2 Cosa succede durante una simulazione?

Una simulazione calcola uno scenario multiplo di un modello ripetendo in modo ciclico il calcolo con nuovi valori di campionamento ricavati dalla curva di distribuzione.

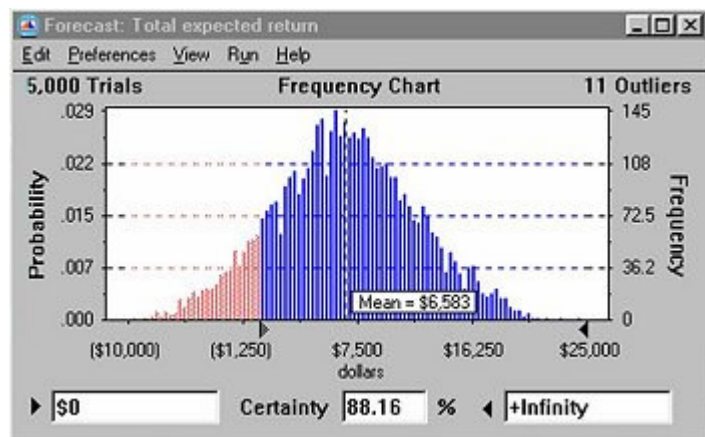
Durante un ciclo singolo, Crystal Ball seleziona in modo casuale un valore dalle possibilità definite (l'intervallo e la forma della distribuzione) per ogni variabile incerta e quindi ricalcola l'intero foglio dati (spreadsheet).

1.10 Come si possono analizzare i risultati di una simulazione?

Per ogni modello, si avranno una serie di outputs importanti come totali, profitti, spese etc. Queste celle saranno definite come forecasts.

Un forecast è una formula o output che si vuole simulare ed analizzare.

Durante la simulazione si potrà visualizzare l'evoluzione dei risultati nel finestra grafico Frequency Chart, e alla fine le statistiche e le sicurezze.



2 Crystal Ball in Excel

2.1 L'ambiente di Crystal Ball

I fogli tabellari di Excel sono strumenti formidabili per le analisi, ma oramai conosciamo ampiamente i loro limiti.

| | Cellular World's Calling Plan | Freedom Cell's Calling Plan |
|--------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Base Fee | \$39.99 | \$35.00 |
| Included Minutes | 400 | Unlimited |
| Additional Minutes | \$0.40 | \$0 |
| Long Distance | \$0 | \$0.08 |
| Total Cost | \$39.99 | \$44.60 |

| | |
|-----------------|-----|
| Actual Minutes | 400 |
| % Long Distance | 30% |
| No. LD Minutes | 120 |



Crystal Ball aggiunge ad Excel 3 nuovi menu e una nuova Barra degli Strumenti

2.1.1 La Barra degli Strumenti di Crystal Ball

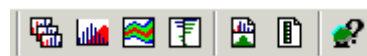
Per quanto riguarda i primi 9 pulsanti sono per la gestione dei modelli



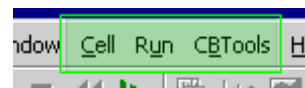
I successivi 5 pulsanti sono per il controllo della Simulazione



Gli ultimi pulsanti consentono la generazione di grafici e Report dei risultati



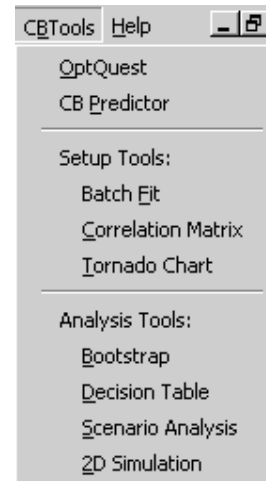
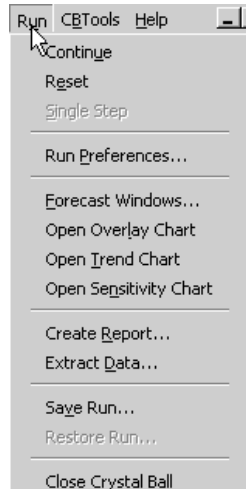
Inoltre vengono aggiunti 3 nuovi menu: Cell, Run e CBTools



Cell Menu – contiene i comandi per la preparazione e regolazione del modello

Run Menu – contiene i comandi per l'esecuzione e l'analisi della simulazione

CBTools Menu – contiene i comandi di gestione e set-up dei moduli d'analisi che variano a seconda della versione di Crystal Bal: Professional o Standard



3 Quale decisione prendere?

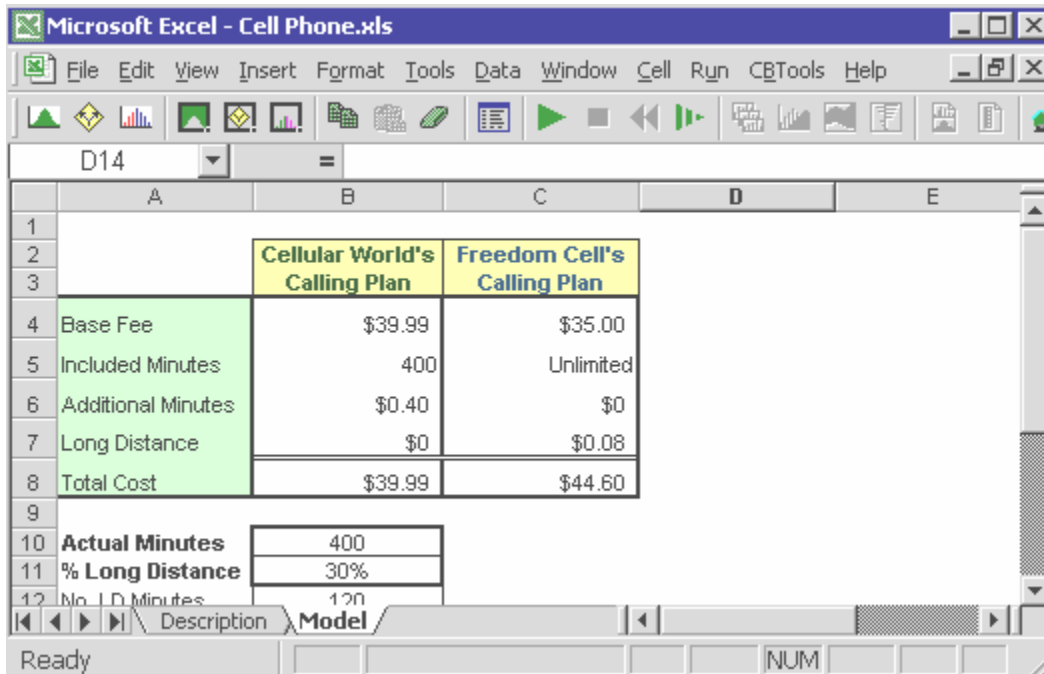
In questo modello verrà effettuata un'analisi per la scelta del piano di tariffa telefonica da utilizzare per l'azienda. Bisogna scegliere tra 2 piani, uno dalla società Cellular World e un altro da Freedom Cell. I piani però offrono differenti benefici e costi.

| | Cellular World | Freedom Cell |
|----------------|---|---|
| Pro: | 400 minuti al mese, nessuna spesa aggiuntiva per le chiamate extra-urbane | Minuti Illimitati |
| Contro: | Ogni minuto oltre i 400 costo aggiuntivo di \$0.40 | Chiamate Extra-Urbane costo \$0.08 min. |

3.1 Il modello base e le stime

Nel modello si è stimato di utilizzare 400 min. e che la percentuale di chiamate extra-urbane sarà del 30%. Con questi valori sembrerebbe che il piano di Cellular World sia il migliore, risparmiando \$4.61 al mese. Ma, qual è la probabilità di questo scenario? Utilizzando solamente Excel non vi sono modi per conoscerlo. Si potrebbe modificare i valori nelle 2 celle diverse volte per ottenere alcuni risultati, ma ancora non si conoscerà la probabilità di ogni scenario.

Se si cambia solamente la percentuale delle chiamate extra-urbane, si noterà che, come la percentuale aumenta, i costi di Freedom Cell aumentano mentre quelli di Cellular World sembrano migliori. Cambiando solo i minuti produce l'effetto opposto. Cambiando entrambe le variabili in un volta la relazione si complica. Immaginiamo la difficoltà alla modifica di 3 o più variabili.



Crystal Ball fornisce un comodo modo per descrivere le variabili incerte, ad esempio il numero di minuti che si vorrebbe usare, o la percentuale di chiamate extra-urbane.

Crystal Ball utilizzando la simulazione Monte Carlo, è in grado di generare centinaia o migliaia di possibili scenari in poco tempo. Ogni scenario sono delle possibili situazioni reali che è possibile analizzare per determinare quale può essere la situazione ottimale.

4 Definire le variabili incerte

Il primo passo per la definizione di un'assunzione è determinare quali siano le variabili incerte nel modello. Sicuramente la variabile **% Long Distance** sarà una chiamata incerta visto che non è possibile stabilire a priori la percentuale delle chiamate extra-urbane.

Si inizierà selezionando la cella (B11) e cliccando il pulsante Define Assumption

Selezionare la distribuzione Triangolare

Definire i parametri Min, Likeliest e Max secondo le proprie stime.

Min = 10%

Likeliest = 30%

Max = 40%

Queste parametri definiscono il valore di incertezza della variabile **%Long Distance** durante la simulazione

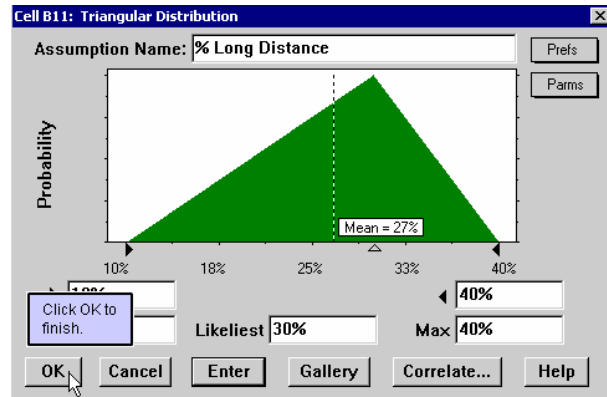
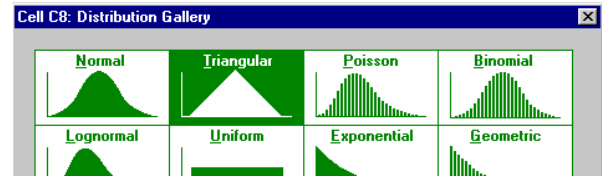
La cella così definita si colorerà di verde.

Per vedere i parametri impostati basta cliccare sul pulsante Define Assumption

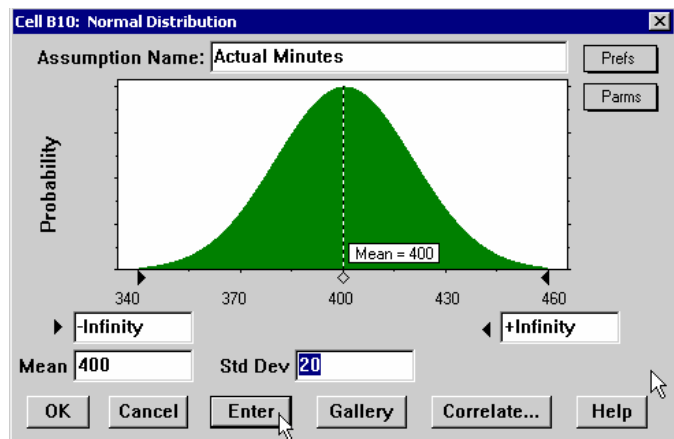
Per la definizione della seconda variabile incerta – Actual Minutes – si sceglierà una distribuzione normale.

Sapendo che la media dei minuti è 400 e che potranno variare tra 360 e 440, si potrà impostare la curva definendo le deviazione standard a 20.

Naturalmente qualora il modello avesse più variabili incerte si eseguiranno questi passi per le definizioni dei dati



| | Cellular World's Calling Plan | Freedom Cell's Calling Plan |
|----------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 4 Base Fee | \$39.99 | \$35.00 |
| 5 Included Minutes | 400 | Unlimited |
| 6 Additional Minutes | \$0.40 | \$0 |
| 7 Long Distance | \$0 | \$0.08 |
| 8 Total Cost | \$39.99 | \$44.60 |
| 9 | | |
| 10 Actual Minutes | 400 | |
| 11 % Long Distance | 30% | |
| 12 No. LD Minutes | 120 | |



5 Definire le variabili di Forecast


Ora si dovrà impostare la cella sulla quale Crystal Ball monitorerà il cambiamento dei valori. Il risultato o valore di "Forecast" di questa cella verrà influenzato dai valori precedentemente impostati nelle variabili incerte. Anche in questo caso, in un modello si possono definire più variabili Forecast, al fine di ottenere diverse informazioni.

Durante la simulazione queste celle conterranno valori differenti, alla fine della simulazione tutti questi valori potranno essere analizzati dai tools presenti in Crystal Ball.

| | A | B | C |
|----|---|--------------------------------------|------------------------------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | Cellular World's Calling Plan | Freedom Cell's Calling Plan |
| 4 | Base Fee | \$39.99 | \$35.00 |
| 5 | Included Minutes | 400 | Unlimited |
| 6 | Additional Minutes | \$0.40 | \$0 |
| 7 | Long Distance | \$0 | \$0.08 |
| 8 | Total Cost | \$39.99 | \$44.60 |
| 9 | | | |
| 10 | Actual Minutes | 400 | |
| 11 | % Long Distance | 30% | |
| 12 | No. LD Minutes | 120 | |
| 13 | Cost Savings For Selecting Cellular World's Plan | | |
| 14 | | \$4.61 | |
| 15 | | | |

Nel nostro modello la cella di Forecast sarà la B14 chiamata Cost Savings il cui contenuto sarà espresso in Dollari

Per la sua definizione basta cliccare

sull'icona  e completare la finestra di dialogo – vedi a lato.

Cell B14: Define Forecast

Forecast Name:

Units:

OK Cancel More >> Help

Si noti ora la colorazione azzurra che evidenzia come Crystal Ball vede la cella come variabile di Forecast.

Ora si è pronti per eseguire la nostra simulazione.

| | A | B | C |
|----|---|--------------------------------------|------------------------------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | Cellular World's Calling Plan | Freedom Cell's Calling Plan |
| 4 | Base Fee | \$39.99 | \$35.00 |
| 5 | Included Minutes | 400 | Unlimited |
| 6 | Additional Minutes | \$0.40 | \$0 |
| 7 | Long Distance | \$0 | \$0.08 |
| 8 | Total Cost | \$39.99 | \$44.60 |
| 9 | | | |
| 10 | Actual Minutes | 400 | |
| 11 | % Long Distance | 30% | |
| 12 | No. LD Minutes | 120 | |
| 13 | Cost Savings For Selecting Cellular World's Plan | | |
| 14 | | \$4.61 | |
| 15 | | | |

6 Eseguire una Simulazione

Crystal Ball utilizza la simulazione Monte Carlo per creare dinamicamente diversi scenari nel nostro modello. Quesa è conosciuta anche come “What-If” Analysis.

La simulazione è composta da Trials individuali. Per esaminare l’effetto di un singolo trials basta cliccare l’icona Single Step



Si noti ora come Crystal Ball ad ogni trial imposta nuovi valori nelle variabili incerte: Actual Minutes e %Long Distance. Mentre nella cella di Forecast il valore si modificherà.

Ora si è pronti per eseguire la nostra simulazione.

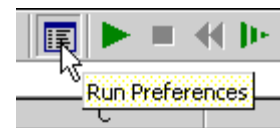
| | Cellular World's Calling Plan | Freedom Cell's Calling Plan |
|--------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Base Fee | \$39.99 | \$35.00 |
| Included Minutes | 400 | Unlimited |
| Additional Minutes | \$0.40 | \$0 |
| Long Distance | \$0 | \$0.08 |
| Total Cost | \$39.99 | \$40.25 |

| | |
|-----------------|-----|
| Actual Minutes | 399 |
| % Long Distance | 16% |
| No. LD Minutes | 66 |

Cost Savings For Selecting Cellular World's Plan

\$0.26

Il numero di trials può essere impostato utilizzando la finestra di dialogo in Run Preferences. Verrà impostato a 1.000, come se dicessimo a Crystal Ball di valutare 1.000 possibili scenari.



Per eseguire completamente una simulazione cliccare sul pulsante Start Simulation



7 Utilizzare il Forecast Chart

Dopo aver eseguito i trials impostati la nostra simulazione finisce e si potrà utilizzare la finestra del grafico come base per l'analisi della variabile di Forecast.

Nel box in basso a sinistra digitare \$4.61 (l'ultimo valore della simulazione) e premiamo.

Quindi se verrebbe scelto il piano tariffario Cellular World potremmo risparmiare \$ 4.61 o di più solamente il 15% delle volte

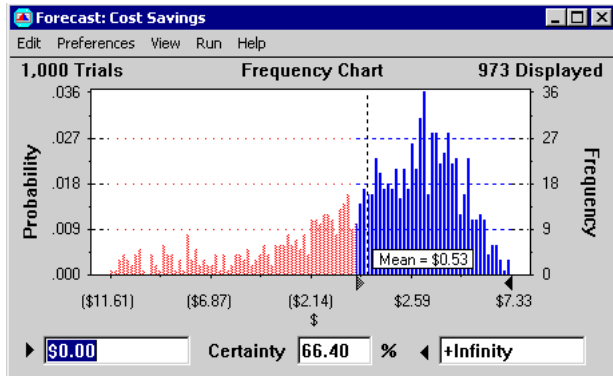
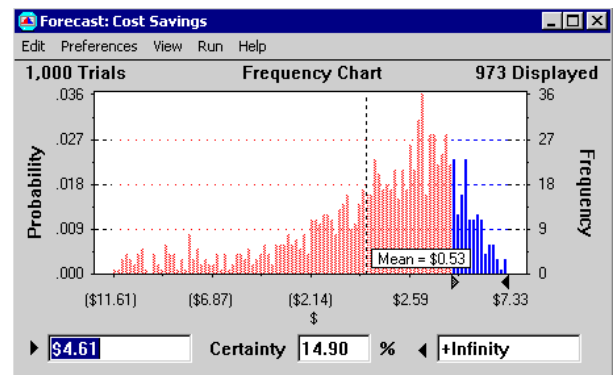
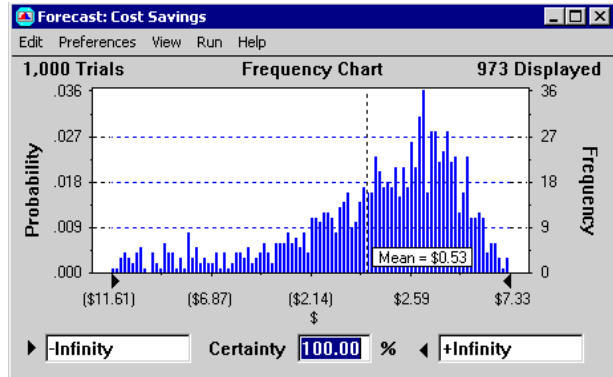
Ovviamente la stima precedente era troppo positiva, proviamo a digitare \$0 per poter valutare tutte le situazioni in cui non siamo in perdita.

Dal grafico viene evidenziato che la possibilità di risparmiare è del 66.40%.

Dal menu del grafico View>Statistics si visualizza la finestra successiva

In questa finestra vengono mostrate le statistiche della simulazione.

Si può notare che il piano tariffario consente di risparmiare fino a \$ 7.33 ma con delle probabilità di perdite fino a \$19.05



Forecast: Cost Savings

Cell B14

| Statistic | Value |
|-----------------------|-----------|
| Trials | 1,000 |
| Mean | \$0.53 |
| Median | \$1.80 |
| Mode | ... |
| Standard Deviation | \$4.69 |
| Variance | \$22.02 |
| Skewness | -1.32 |
| Kurtosis | 4.42 |
| Coeff. of Variability | 8.92 |
| Range Minimum | (\$19.05) |
| Range Maximum | \$7.33 |
| Range Width | \$26.38 |
| Mean Std. Error | \$0.15 |

Dal menu del grafico View>Percentiles si visualizzano la suddivisione delle percentuali dei valori risultanti, da cui si può notare che il 50% delle volte si ha un risparmio di \$ 1.80.

Forecast: Cost Savings

Edit Preferences View Run Help

Cell B14 Percentiles

| Percentile | \$ |
|------------|-----------|
| 0% | (\$19.05) |
| 10% | (\$7.00) |
| 20% | (\$2.42) |
| 30% | (\$0.56) |
| 40% | \$0.82 |
| 50% | \$1.80 |
| 60% | \$2.75 |
| 70% | \$3.49 |
| 80% | \$4.22 |
| 90% | \$5.14 |
| 100% | \$7.33 |

8 Applicazione Ingegneristica

Un ingegnere del centro progettazione di una casa automobilistica ha bisogno di definire le specifiche per le componenti del pistone e del cilindro che lavorino bene insieme. Per fare ciò le dimensioni dei componenti devono essere all'interno di determinati limiti di tolleranza e il metodo deve essere il più efficiente dal punto di vista dei costi.

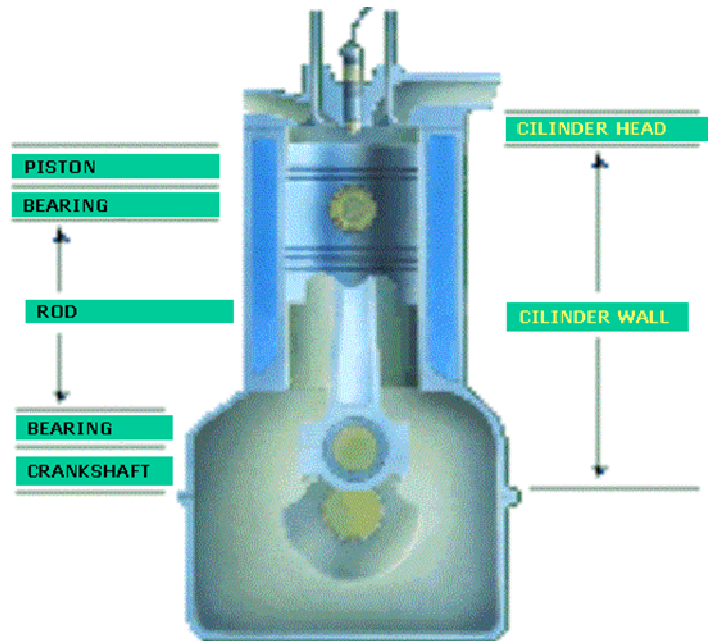
In questo esempio, utilizzando Crystal Ball in un modello Excel, si potrà analizzare la possibilità di riduzioni dei costi di produzione mantenendo un certo grado di qualità.

Questo tipo di problemi è detto optimal stack tolerance analysis.

- Un pistone è composto da 5 componenti
- Un cilindro è composto da 2 componenti

ciascun componente ha determinate dimensioni nominali.

Queste componenti vengono poi raccolte e predisposte per l'assemblaggio.

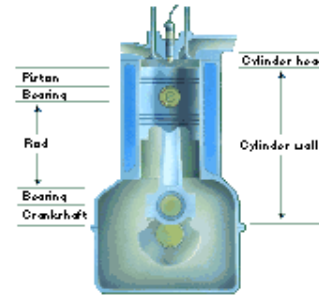


La differenza nella lunghezza tra le due parti, pistone e cilindro, detta Assembly Gap, deve essere tra 0.003 e 0.02 pollici. Questo potrebbe sembrare un semplice problema, ma fintanto che i processi di lavorazione non sono esatti e il controllo qualità ha un effetto diretto sui prezzi, a ciascun componente è associato un errore detto tolleranza. Questi errori si sommano e creano una tolleranza cumulata.

Dimensions:

| | |
|-------------------|-----------|
| Piston assembly | 9.2000 in |
| Cylinder assembly | 9.2100 in |
| Assembly gap | 0.0100 in |
| Minimum gap | 0.0030 in |
| Maximum gap | 0.0200 in |

Choose tolerances levels that meet the assembly gap design criteria



| Piston Assembly | Nominal Dimension | Initial Tolerance ¹ | Quality Specification ² | Component Cost ³ | Component Sigma ⁴ | Statistical Dimension |
|-----------------|-------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------|
| Piston | 2.00 in | 0.0030 in | 3.0 | \$8.30 | 0.0010 in | 2.0000 in |
| Piston bearing | 0.25 in | 0.0015 in | 3.0 | \$2.60 | 0.0005 in | 0.2500 in |
| Rod | 5.00 in | 0.0035 in | 3.0 | \$6.05 | 0.0012 in | 5.0000 in |
| Rod bearing | 0.20 in | 0.0010 in | 3.0 | \$2.28 | 0.0003 in | 0.2000 in |
| Crankshaft | 1.75 in | 0.0025 in | 3.0 | \$8.60 | 0.0008 in | 1.7500 in |

Piston assembly cost: \$27.83

| Cylinder Assembly | Nominal Dimension | Initial Tolerance ¹ | Quality Specification ² | Component Cost ³ | Component Sigma ⁴ | Statistical Dimension |
|---------------------|-------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------|
| Cylinder wall | 8.50 in | 0.0045 in | 3.0 | \$9.45 | 0.0015 in | 8.5000 in |
| Cylinder head depth | 0.71 in | 0.0025 in | 3.0 | \$6.55 | 0.0008 in | 0.7100 in |

Cylinder assembly cost: \$16.00

Total assembly cost: \$43.83

Quando un lotto di componenti viene lavorato e misurato, le dimensioni reali dei componenti formano una distribuzione intorno alla dimensione nominale o desiderata degli stessi.

Una soluzione semplicistica consiste nel prendere la tolleranza totale consentita e dividerla per il numero di componenti. Ma a causa della complessità delle componenti individuali e dei diversi processi di fabbricazione, ciascun componente ha una differente funzione di costo associata alla specifica di qualità.

Questo allora diviene un problema di bilanciamento tra :

Tolleranza Cumulativa e Costi associati

La differenza tra il totale dei componenti del pistone e quello dei cilindri viene visualizzato nella cella Assembly Gap = 0.010 in.

Le tolleranze sono in 0.0030 in e 0.0200 in

Dimensions:

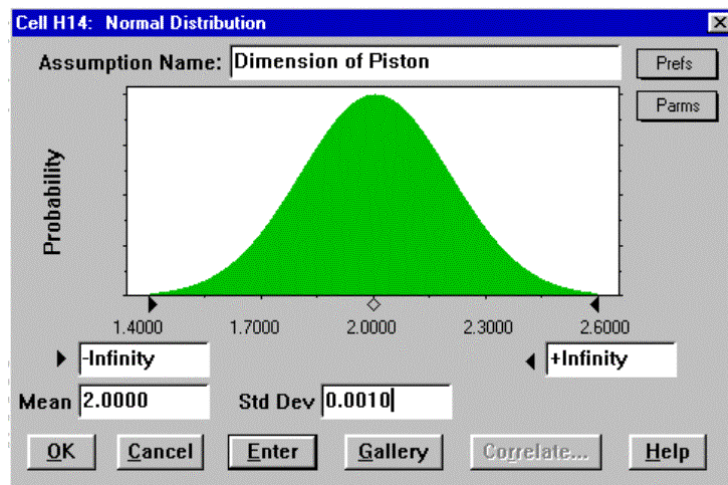
| | |
|---------------------|------------------|
| Piston Assembly | 9.2000 in |
| Cylinder Assembly | 9.2100 in |
| Assembly Gap | 0.0100 in |
| Minimum Gap | 0.0030 in |
| Maximum Gap | 0.0200 in |

Nel modello si sono suddivisi i componenti dell'assemblaggio in celle differenti. La dimensione nominale dei componenti viene riportata nella colonna C.

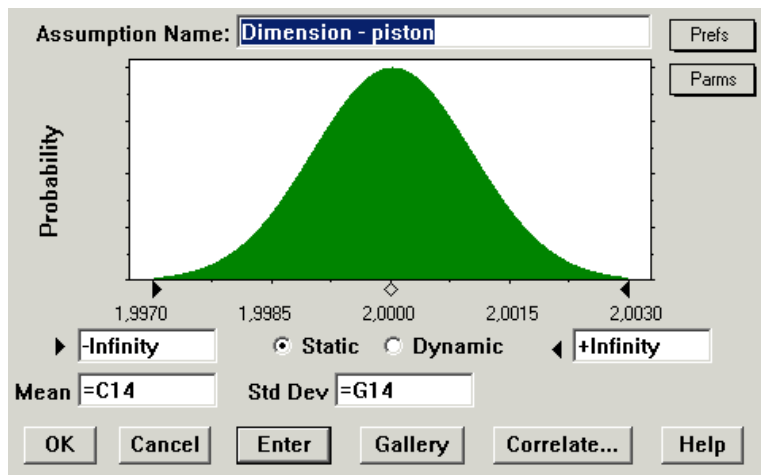
Le specifiche per la Qualità di ogni componente è impostato a 3. Quindi la tolleranza iniziale per ogni componente è 3 deviazioni standard

Per ognuna delle 7 parti, (colonna Statistical Dimension) è stata stabilita la misura ottimale del componente. Ovviamente questi valori sono soggetti a variazioni. Per ottenere questi risultati nel modo tradizionale, bisogna modificare manualmente ogni dimensione ed analizzare il risultato. Questa analisi “what-if” consente di capire l’intervallo dei risultati possibili ma non rivela le percentuali di probabilità. In più la modifica manuale di ogni cella spreca molto tempo. Crystal Ball consente di analizzare i rischi che queste parti introducono nel processo produttivo, definendo degli scenari di simulazione e valutando le probabilità.

Proviamo ad analizzare la Dimensione del Pistone stabilita a 2 pollici.
 Si conosce anche che almeno il 99.7% (3 sigma) dei pistoni saranno nei limiti di specifica richiesti. Impostando la curva di distribuzione dei pistoni secondo le specifiche ricavate consente l’utilizzo, durante la simulazione, dei valori delle dimensioni rispettando la distribuzione e la deviazione standard richiesta.



Crystal Ball utilizzerà i valori della curva di distribuzione quali “assunzioni”. Nell’esempio viene utilizzata una curva di distribuzione normale per ogni componente quale risultato del processo produttivo. Anziché impostare i valori assoluti per tutti i parametri, le impostazioni come Mean e Std Dev sono riferite alle celle C14 e G14 per rendere il modello più flessibile

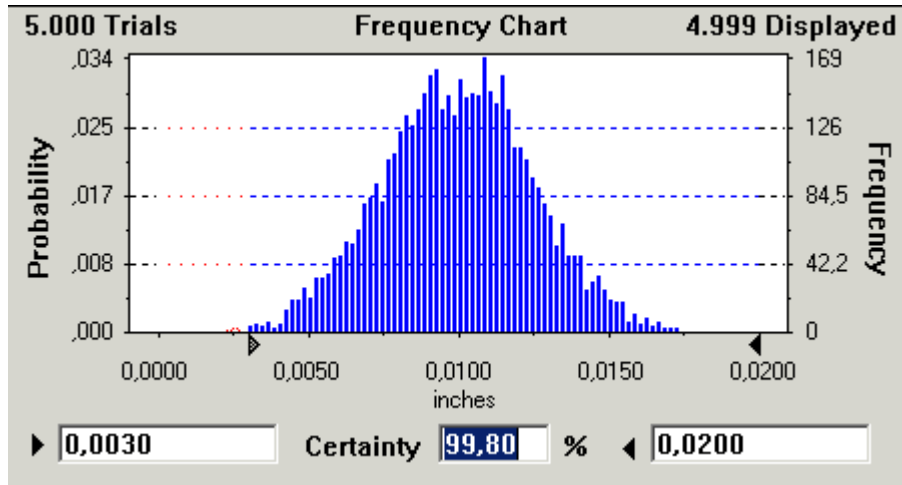


Una volta stabilito le “assunzioni”, bisognerà identificare le variabili di output o di previsione, da esaminare. Nel modello la variabile critica è Assembly Gap.

Ora si è pronti per la simulazione nel modello utilizzando il metodo Monte Carlo come generatore di numeri casuali. Durante la simulazione Crystal Ball seleziona valori casuali dalle assunzioni conformi all'intervallo di valori delle specifiche impostate. Quando la simulazione è in funzione si può visualizzare la carta di frequenza della variabile in esame.

Nell' esempio sono stati impostati 5000 Trials. Questo simula l'impostazione di 5000 possibili scenari di partenza e quindi la visualizzazione di 5000 possibili risultati.

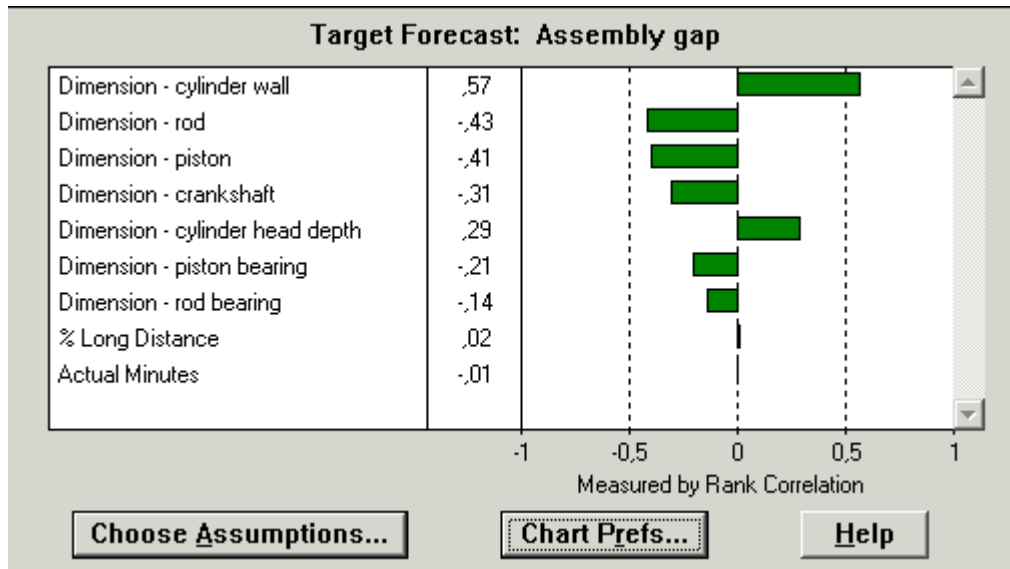
Impostando 0.003 e 0.020 nei campi del grafico noi possiamo determinare il grado di probabilità della variabile in esame



Si può notare dal risultato che il 99.80% dei montaggi saranno nelle specifiche.

Quali componenti sono i maggiori responsabili della variabilità dei risultati?

Il grafico di Sensibilità determina quale componente nel montaggio crea la maggiore variabilità del processo.



In questo esempio la variabile Cylinder Wall contribuiscono al 57% della variabilità complessiva.

I modelli di simulazione di per sé stessi possono solo fornire un range di possibili risultati per ciascuna situazione. Non ci dicono come controllare la situazione per raggiungere il miglior risultato.

Le tecniche di ottimizzazione permettono di trovare la combinazione di variabili (e i rispettivi valori) che producano i migliori risultati possibili.


Ciò che ci interessa è individuare la configurazione ottimale dei parametri in ingresso, in termini di posizionamento e dispersione, che soddisfa gli obiettivi dati sulla variabile in uscita.

Le variabili decisionali sono variabili nel modello sulle quali si vuole avere il controllo completo. In questo modello, le variabili decisionali, sono rappresentate dalle specifiche di qualità per ognuna delle 7 parti (colonna Quality Specification). Selezionando specifiche più alte (5.0 sigma) si manterrà Assembly Gap nelle tolleranze, ma probabilmente a costi elevati. Selezionando le specifiche più basse (1.0 sigma) si otterrà una sensibile riduzione dei costi a scapito di una bassa qualità delle parti

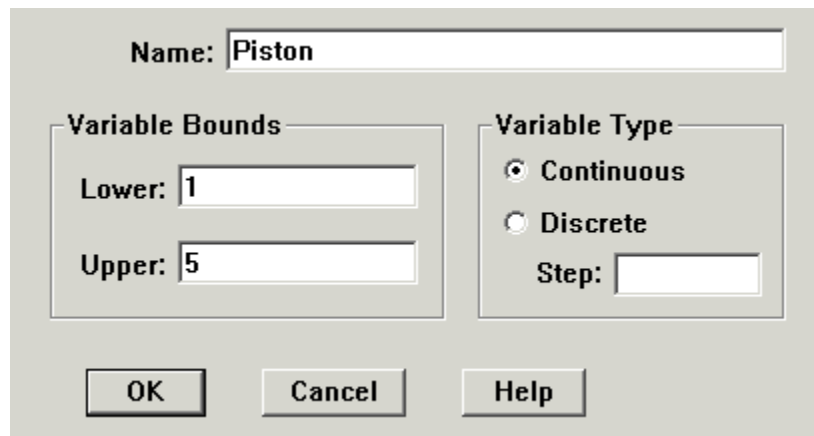
Perciò lo scopo è quello di determinare quali Specifiche saranno appropriate per ciascuna delle parti. Ricordando che:

- Assembly Gap dovrà essere più grande di 0.003 e minore di 0.020

Definire una variabile decisionale è semplice.

Selezionare la cella tipo, Quality Specification of the Piston e selezionare Define Decision 

Inserire quindi una serie di valori. Nel nostro caso, si inseriranno 1.0 per il livello basso e 5.0 per quello alto.



The screenshot shows a dialog box titled 'Define Decision' for the variable 'Piston'. It is divided into two main sections: 'Variable Bounds' and 'Variable Type'. In the 'Variable Bounds' section, the 'Lower' value is set to 1 and the 'Upper' value is set to 5. In the 'Variable Type' section, the 'Continuous' radio button is selected, and the 'Discrete' radio button is unselected. There is also a 'Step' field which is currently empty. At the bottom of the dialog, there are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

Siccome l'obiettivo è quello di minimizzare i costi, bisognerà definire la cella Total Assembly Cost come Crystal Ball forecast.

Ora è possibile utilizzare l'ottimizzatore. Durante la fase di ottimizzazione il programma cercherà di trovare il costo più basso, mantenendo le specifiche impostate.