

MINITAB

Istruzioni per una corretta valutazione del prodotto

Contents

1	<i>Parte Base</i>	5
1.1	Aprire un file dati.....	5
1.2	Inserimento dati da Tastiera	5
1.3	Creazione di una nuova variabile	5
1.4	Statistica descrittiva dei dati	6
1.5	Aritmetica sui dati.....	6
1.6	Creazione di un Scatter Plot.....	6
1.7	Calcolare il Coefficiente di Correlazione	7
1.8	Editare la Session Window Output	7
2	<i>Una Semplice Analisi</i>	8
2.1	Eeguire una semplice Regressione.....	8
2.2	Scrittura dei Dati.....	8
2.3	Una nuova Regressione.....	9
2.4	Disegnare una Fitted Regression Line.....	9
2.5	Personalizzazione del grafico	9
2.5.1	Cambio del testo nel titolo	9
2.5.2	Ridimensionamento del titolo.....	9
2.6	Identificazione dei dati dal grafico	10
2.7	Comparazione della variabile Weight per Year	11
3	<i>Analisi Avanzata</i>	13
3.1	Generare una Statistica Descrittiva	13
3.2	Manipolazione dei Dati	13
3.3	Corrispondenza nei Dati.....	14
3.4	Suddivisione in sottoinsiemi	14
3.5	Verifica attraverso istogrammi e curve di distribuzione	14
3.6	Comparazione di variabili con un Boxplot	14
3.7	Analisi delle Varianze	15
4	<i>Control Charts</i>	17
4.2	Control Charts – Shift in process Evidenziare il miglioramento del processo	18

4.2	Control Charts – Individual Charts	19
5	<i>Controllo della Qualità</i>	21
	Gli indici della Capability	21
5.1	Esame della variabilità con un R Chart	22
5.2	Test per Cause Speciali con Xbar Chart	22
5.3	Creazione di un Histogram with Normal Curve	22
5.4	Visualizzazione dei grafici Xbar e R Charts combinati	23
5.5	Valutazione del primo fornitore	23
5.6	Valutazione del secondo fornitore	23
5.7	Preparazione di un Process Capability Analysis	23
5.8	Esecuzione di un Process Capability Analysis	23
6	<i>GAGE R&R</i>	27
7	<i>Design of Experiment - DOE</i>	31
7.1	Selezionare un progetto	31
7.2	Nomi dei fattori e regolazione dei livelli del fattore	32
7.3	Fattore - Regolazione bassa Regolazione alta	32
7.4	Casualizzare e memorizzare il progetto	32
7.5	Osservare il progetto	33
7.6	Raccolta ed inserimento dei dati	34
7.7	Selezione del progetto - adattamento di un modello	34
7.8	Adattare un modello	34
7.9	Identificazione degli effetti importanti	35
7.10	Selezione dei diagrammi — Diagrammi degli effetti	35
7.11	Adattamento di un modello ridotto	35
7.12	Valutazione del modello ridotto	36
7.13	Visualizzazione dei diagrammi fattoriali	37
7.14	Valutazione dei diagrammi	37
7.15	Dimensione dell'effetto - Interpretazione	38

1 Parte Base

Un gruppo di ricercatori hanno piantato centinaia di alberi come il Pioppo. Quindi dopo alcuni anni sono stati raccolti dati che riguardano il diametro, l'altezza ed il peso, che possono contribuire a dare un quadro sulla crescita di questi alberi.

1.1 *Aprire un file dati*

Quando si parte con MINITAB si apre un nuovo progetto.

- 1 **File** ► **New**, click Minitab Project, then click OK.
- 2 **File** ► **Open Worksheet**.
- 3 Selezionare il filtro (*.mtw), nel direttorio DATA.
- 4 Click sul file **POPLAR1.MTW**, click Open.

Se **Data Window** non è visibile: **Window** ► **POPLAR1.MTW** or press [Ctrl]+[D].

Questo worksheet contiene 3 variabili (15 osservazioni), chiamate **Diameter**, **Height**, e **Weight**.

1.2 *Inserimento dati da Tastiera*

Se si volesse introdurre nuovi campionamenti da tastiera

- 1 Premere la freccia giù fino a raggiungere la prima cella vuota od utilizzare il mouse
- 2 Scrivere i seguenti dati da destra a sinistra per ogni riga:

1.52	[Enter]	2.9	[Enter]	.07	[Ctrl]+[Enter]
4.51	[Enter]	5.27	[Enter]	.79	[Ctrl]+[Enter]
1.18	[Enter]	2.2	[Enter]	.03	[Ctrl]+[Enter]
3.17	[Enter]	4.93	[Enter]	.44	[Ctrl]+[Enter]
3.33	[Enter]	4.89	[Enter]	.52	[Ctrl]+[Enter]

1.3 *Creazione di una nuova variabile*

Ora si vuole creare una nuova variabile che indichi i 2 luoghi dai quali sono stati rilevati i dati di crescita di queste piante.

Si può sempre inserire i dati da tastiera od utilizzare Autofill feature per creare automaticamente i valori.

- 1 **Calc** ► **Make Patterned Data** ► **Simple Set of Numbers**.
- 2 Per memorizzare la variabile: in **Store patterned data in**, scrivere Site.
- 3 Per indicare il valore d'inizio della sequenza: in **From first value**, type 1; In **To last value**, type 2.
- 4 Siccome sono necessari 10 valori 1 e 10 valori 2, in **List each value**, type **10**. Quindi OK.

La nuova colonna generata apparirà a fianco dei dati precedenti.

1.4 *Statistica descrittiva dei dati*

Minitab offre un insieme di analisi statistiche di base per aiutarvi ad analizzarli, tra le quali: descriptive statistics, t-tests, z-tests, e correlations.

- 1 Scegliere **Stat►Basic Statistics►Display Descriptive Statistics**.
- 2 Nella lista variabili selezionare, con il mouse, le variabili **Diameter**, **Height**, e **Weight**. Quindi click **Select**.
- 3 Selezionare **By variable**, e scrivere **Site** per identificare la variabile condizionante.

Note Quando si selezionano una serie di colonne Minitab usa il segno meno per raggruppare la selezione. In questo esempio, Diameter—Weight significa le variabili Diameter, Height, and Weight.

- 4 Click **Graphs**.
- 5 Check **Boxplot of data** e click **OK** in each dialog box.

Minitab le informazioni di base nella Session window e ciascun grafico (3 in questo caso) su Graph window separate.

Giudicando dai grafici, la crescita delle piante al Site 2 è maggiore rispetto al Site 1. La Session window data conferma questa indicazione.

1.5 *Aritmetica sui dati*

Basandosi sul precedente step il ricercatore ha trovato una relazione tra il peso e il quadrato del diametro moltiplicato per l'altezza delle piante. Siccome si hanno diametro e altezza si può quindi calcolarne il peso. La calcolatrice esegue le equazioni digitate dall'utente ed il risultato nella variabile specificata.

- 1 **Calc►Calculator**.
- 2 La nuova variabile sarà "**D2H**".
- 3 E l'espressione, sarà **C1**2*C2**. Click OK.

Questa espressione dice a Minitab di ottenere il quadrato della variabile Diameter (C1), e moltiplicarlo per Height (C2), quindi salvare il risultato nella nuova variabile D2H.

1.6 *Creazione di un Scatter Plot*

Si vuole ora visualizzare la relazione precedentemente analizzata in un grafico:

- 1 Choose **Graph►Plot**.
- 2 In **Y (the vertical axis)**, enter **Weight**.
- 3 In **X (the horizontal axis)**, enter **D2H** and click OK.

Guardando il grafico si può notare una relazione lineare tra Weight e D2H. Infatti ad un incremento di D2H, anche Weight si incrementa. Si nota inoltre un valore inusuale— un albero con un peso molto basso ha un relativo alto valore di D2H. Per ora si decide di ignorarlo ma successivamente lo si potrà analizzare. Il prossimo step si vuole eseguire una correlazione tra queste variabili per quantificare la relazione.

1.7 *Calcolare il Coefficiente di Correlazione*

Dallo scatter plot, si è notato gli incrementi delle variabili. Ora si vuole misurare l'associazione tra le 2 variabili calcolando il coefficiente di correlazione. Questo valore misura la relazione lineare tra 2 variabili ed assume un valore tra -1 e $+1$.

- 1 Choose **Stat**►**Basic Statistics**►**Correlation**.
- 2 In **Variables**, enter **Weight** e **D2H**. Click OK.

1.8 *Editare la Session Window Output*

É giunto il momento di creare un report dei risultati raggiunti: un sommario descrittivo delle statistiche e grafici; come lo scatter plot. Prima si procederà a preparare il testo nella Session window per renderlo più appropriato per un report. Per default la Session window è read-only, quindi non si può cancellare per errore i risultati. Per poter modificare il testo bisogna quindi rendere la Session window editabile:

- 1 Press **[Ctrl]+[M]** per rendere la Session window active.
- 2 Aprire **Editor menu**.
- 3 Esiste un menu item che opera come un interruttore: esso può rendere la Session Window editabile o no:
- 4 Cancellare tutto il testo sopra la Statistica Descrittiva e quello tra la descrittiva e l'output della Correlazione.
- 5 Inserire le proprie annotazioni per il report

2 Una Semplice Analisi

Alcuni ricercatori hanno piantato centinaia di alberi di pioppo. Dopo 3 anni hanno misurato il diametro, l'altezza, ed il peso di un campione di pioppi. Si crede vi sia una relazione tra il peso e le altre variabili, ma quale?

- 1 **File►New**, click **Minitab Project**, then click **OK**.
- 2 **File►Open Worksheet**.
- 3 Selezionare il filtro (*.mtw), nel direttorio DATA.
- 4 Click sul file **POPLAR2.MTW**, click **Open**.

2.1 Eseguire una semplice Regressione

Verso la fine della sessione precedente si è notato che la variabile D2H incrementa, così come il peso. Un mezzo per verificare come la variabile D2H può predire il peso di una pianta è una semplice regressione:

- 1 Choose **Stat►Regression►Regression**.
- 2 In **Response**, enter **Weight**.
- 3 In **Predictors**, enter **D2H**.

Si può inoltre decidere di creare alcuni grafici di supporto per verificare potenziali problemi.

- 4 Click **Graphs**.
- 5 Under **Residuals for Plots**, click **Standardized**.
- 6 Under **Residual Plots**, check **Histogram of residuals** and **Normal plot of residuals**.
- 7 In **Residuals versus the variables**, enter **D2H**.
- 8 Click **OK** in each dialog box.

Nella Session window Minitab visualizza l'equazione, la tabella dei coefficienti, l'analisi della tabella delle varianze e le informazioni di osservazioni inusuali (rows 12 and 15). Prima di procedere con ulteriori analisi è meglio esaminare le righe 12 e 15 per verificare se contengono dati validi Minitab visualizza anche 3 grafici, dove si può vedere, nel Residuals Versus D2H plot, che ci sono alcune informazioni fuori scala

2.2 Scrittura dei Dati

Per visualizzare il foglio dei dati, click su Data window:

- 1 Choose **Window►POPLAR2.MTW**, or press **[Ctrl]+[D]**. Andare fino alla prima osservazione inusuale nella riga 12 sulla colonna col nome Weight:
- 2 Choose **Editor►Go To**.
- 3 In **Enter column number or name**, type **Weight**.
- 4 In **Enter row number**, type **12** and click **OK**. Entrambe Weight e D2H sembrano corrette.
- 5 Nella riga 15, invece esiste un errore infatti dovrebbe essere 0.70, non 0.07.
- 6 Type **.7** and press **[Enter]**.

2.3 Una nuova Regressione

Ripetere la precedente Regressione

- 1 Choose **Window**►**Close All Graphs** and click OK.
- 2 Choose **Stat**►**Regression**►**Regression** and click OK.

Come prima, Minitab visualizza i risultati numerici nella Session window, e i 3 grafici in windows separate.

Prima di arrivare ad una conclusione si decide di indagare sui grafici risultanti. Dal grafico Residuals Versus D2H, sembra che la variazione non sia costante—un importante assunzione per un modello di regressione.

2.4 Disegnare una Fitted Regression Line

Successivamente si vuole visualizzare uno scatter plot con una curva di regressione.

- 1 Choose **Stat**►**Regression**►**Fitted Line Plot**.
- 2 In **Response (Y)**, enter **Weight**.
- 3 In **Predictor (X)**, enter **D2H**. Verify dialog box.

2.5 Personalizzazione del grafico

Per la personalizzazione del grafico si può procedere dal dialog box o direttamente dal grafico, commutandolo in modo Edit.

- 1 Rendere attiva la **Graph** window.
- 2 Choose **Editor**►**Edit**.

Nota Un grafico può essere in 3 modi diversi: View mode, consente solamente di visionare il grafico, Edit mode di modificare il grafico, e Brush mode per l'identificazione dei punti sul grafico.

- 3 Dovrebbero apparire due palettes, eventualmente:
 - Choose **Editor**►**Show Tool Palette**.
 - Choose **Editor**►**Show Attribute Palette**.

2.5.1 Cambio del testo nel titolo

- 1 Sul Tool palette, click selection tool.
- 2 Click sul grafico per il titolo [Enter], o double-click.
- 3 Nel box, edit il titolo come: Regression Plot for Poplar2 Data. Click OK.

2.5.2 Ridimensionamento del titolo

Siccome il titolo è lungo se si vuole si può ridimensionare il box attorno al titolo.

- 1 Se necessario click sul titolo per renderlo attivo.
- 2 Posizionare il cursore all'angolo.
- 3 Click tenendo premuto il mouse button e ridimensionare il box.

2.6 Identificazione dei dati dal grafico

Per l'identificazione dei punti sul grafico bisogna cambiare la finestra grafica in Brush Mode.

- 1 Choose **Editor**►**Brush**.
- 2 Se Brushing palette non appare, choose **Editor**►**Show Brushing Palette**.
- 3 Click sul punto che si vuole identificare. Il numero di riga, che identifica la posizione del punto nel dataset, apparirà nella Brushing palette.

Se si vuole ottenere maggiori informazioni sul punto selezionato:

- 1 Choose **Editor**►**Set ID Variables**.
- 2 **Check** Use columns, quindi enter C1-C4.
- 3 Click OK.
- 4 Choose **Stat**►**ANOVA**►**General Linear Model**.
- 5 In **Responses**, enter **Weight**.
- 6 In **Model**, type **Site | Treatment**.
- 7 Click OK.

Il carattere barra verticale (|) fa sì che Minitab includa nel modello tutte le interazioni possibili, press **[Shift]+[|]**, od utilizzare il simbolo !.

L'output nella session window visualizzerà il risultato di ogni fattore del modello ed il numero di livelli in ogni fattore. Quindi la lista comprenderà anche una tabella con l'analisi delle varianze e le osservazioni unusuali.

Supponendo di volere eseguire un F-test per ogni effetto nel modello. Per esempio, per verificare nulla di trattamenti identici per ogni Site (the Site*Treatment interaction), si compara i valori di p-value con i livelli alpha più comunemente utilizzati di 0.05. Siccome il p-value è 0.091 (valore più grande di 0.05) non si può rifiutare l'ipotesi nulla, quindi non si può concludere che l'effetto del trattamento differisce nelle 2 zone.

Il p-value del Site di 0.219 è più alto di 0.05, quindi non si può concludere che il peso dei pioppi differisce in modo netto tra le due zone. Il p-value del Treatment è piccolo (0.000) quindi si arriva alla conclusione che il peso differisce in modo significativo per trattamenti differenti.

Questo risultato conforta quello che si è visualizzato prima nei boxplots—che il peso era differente per differente trattamenti, ma solamente una piccola variazione tra le 2 piantagioni. Prima di decidere che il trattamento è il solo importante fattore che influenza il peso degli alberi, si deve analizzare all'effetto del tempo di coltivazione—ricordando che i ricercatori hanno piantato metà alberi nel Year 1 e metà in Year 2.

2.7 *Comparazione della variabile Weight per Year*

- 1 Choose **Graph**►**Boxplot**.
- 2 In **Y**, enter **Weight**.
- 3 In **X**, enter **Year**.

Notare le prime due righe delle opzioni del comando. **IQR**ange **Box** fa sì che Minitab visualizzi il risultato suddividendo la variabile in quarti di percentuale. **Outlier Symbol** fa sì che Minitab visualizzi un asterisco (*) per ogni valore fuori scala. Si decide anche di visualizzare un **confidence interval box** tra **IQ Range Box**.

- 4 Nella **Data display table**, nella **Display column**, click per item 3 nella riga.
- 5 Click freccia giù e scegliere **CI Box**.
- 6 Click nella cella a destra.
- 7 Click freccia giù e scegliere **Graph**.
- 8 Click **Options**. Per default, Minitab visualizza i boxplots verticalmente, ma si può anche visualizzarli orizzontalmente.
- 9 Check **Transpose X and Y**

3 Analisi Avanzata

Un gruppo di ricercatori hanno piantato centinaia di alberi come il Pioppo in 2 piantagioni differenti come caratteristiche: Site 1—con suolo fertile, mentre il Site 2—con un suolo arido e sabbioso, applicando 4 trattamenti differenti: 1) nessun trattamento, 2) solo fertilizzante, 3) solo irrigazione, 4) fertilizzante ed irrigazione. Quindi dopo alcuni anni sono stati raccolti alcuni dati che possono contribuire a dare un quadro sulla crescita di questi alberi e sul metodo migliore per la coltivazione.

- 1 **File►New**, click **Minitab Project**, click OK.
- 2 **File►Open Worksheet**.
- 3 Selezionare il filtro (*.mtw), nel direttorio DATA.
- 4 Click sul file **POPLAR3.MTW**, click **Open**.
- 5 Choose **Window►Project Manager** or press [Ctrl]+[I].

Questo dataset contiene 7 variabili: Site, Year, Treatment (experimental treatment), Diameter (cm), Height (m), Weight (kg), and Age (years).

3.1 *Generare una Statistica Descrittiva*

Per incrementare la resa di questa piantagione si vuole ricercare quale fattore influenza il peso delle piante.

- 1 Choose **Stat►Basic Statistics►Display Descriptive Statistics**
- 2 In **Variables**, enter **Weight**. Click OK.

Quando si esamina la session window output, noterete il valore minimo per il peso. E' certamente impossibile avere un peso di -99 kilogrammi! Chi ha collettato i dati ha impostato questo valore per identificare le piante che sono decedute durante il periodo di test. Lasciando il valore di -99 nel worksheet si possono pregiudicare le successive analisi. E' necessario convertire questi valori in valori non disponibili (con *) che non abbiano effetto nell'analisi.

3.2 *Manipolazione dei Dati*

Minitab fornisce numerosi strumenti di manipolazione dei dati. Uno dei più utilizzati è il Code command, che permette di cambiare un valore in un altro in tutta la variabile.

- 1 Choose **Manip►Code►Numeric to Numeric**.
- 2 In **Code data from columns**, enter **Weight**.
- 3 In **Into columns**, enter **Weight** (per riscrivere la variabile).
- 4 In **Original values**, type **-99**.
- 5 In **New**, type *****.

3.3 Corrispondenza nei Dati

Se si volesse ulteriori informazioni sui dati a disposizione: (ad esempio quanti alberi ci sono per età)

1. Choose **Stat►Tables►Tally**.
2. In **Variables**, enter **Age**. Click OK.

Nella session window viene visualizzato il risultato di 147 alberi di 3 anni e 151 di 4 anni.

3.4 Suddivisione in sottoinsiemi

Questa è una tecnica per creare un nuovo dataset come sottoinsieme di quello principale.

1. Choose **Manip►Split Worksheet**.
2. In **By variables**, enter **Age**. Click OK.

Minitab separerà POPLAR3 worksheet usando il valore dell'età. Siccome vi sono solo 2 differenti valori nella colonna age (3 and 4), Minitab creerà 2 nuovi worksheets POPLAR3.MTW(Age = 3) e POPLAR3.MTW(Age = 4).

3.5 Verifica attraverso istogrammi e curve di distribuzione

Si vuole creare un istogramma utilizzando la variabile Weight.

1. Selezionare la data window POPLAR3.MTW(Age = 4). Da notare che quella attiva ha un asterisco dopo il nome.
2. Choose **Graph►Histogram**.
3. In **X**, enter **Weight**. Click OK.

Si può notare dall'istogramma che il peso degli alberi è normalmente distribuito.

3.6 Comparazione di variabili con un Boxplot

Ora si vuole verificare il peso degli alberi a secondo del tipo di trattamento. I Boxplots sono ottimi per poter fare delle comparazioni.

1. Choose **Graph►Boxplot**.
2. In **Y**, enter **Weight**.
3. In **X**, enter **Treatment**. Questo dice a Minitab di produrre boxplot separati per ogni trattamento.
4. Click OK.

Esaminando il grafico si può notare i trattamenti 2 e 4 (fertilizer and fertilizer/irrigation) hanno prodotto alberi più pesanti rispetto agli altri trattamenti. Inoltre si può evidenziare come inaspettatamente sul Sito 1, con terreno fertile, non vi sono miglioramenti nella crescita delle piante.

Invece di ripetere la precedente selezione del menu, per evidenziare la precedente finestra.

5. Choose **Edit►Edit Last Dialog**, or press [Ctrl]+[E].
6. In **X**, enter **Site**.
7. Click OK.

Un nuovo boxplot è apparso ma con sorpresa il peso degli alberi nel Site 1 non sembra essere così differente dal Site 2.

La diffusione è differente per ogni site, ma la media è quasi la stessa.

3.7 Analisi delle Varianze

Si è potuto notare dai boxplots che il peso dei pioppi differisce notevolmente dal tipo di trattamento utilizzato, mentre esistono piccole variazioni tra le differenti piantagioni. Ora si decide di usare l'analisi della varianza per evidenziare le differenze di peso dovuto ai trattamenti ed alle zone. Quando si hanno due o più fattori, Minitab offre la possibilità di scelta tra ANOVA bilanciata ed i modelli lineari generali (GLM). ANOVA richiede che vi siano lo stesso numero di osservazioni per ogni combinazione di site/trattamento.

Siccome questo non è disponibile si procederà utilizzando i modelli lineari generali (GLM).

4 Control Charts

I Control Charts possono visivamente rappresentare:

- Coerenza con la precedente produzione
- Coerenza con la produzione corrente

Il Control Chart può rispondere alla domanda:

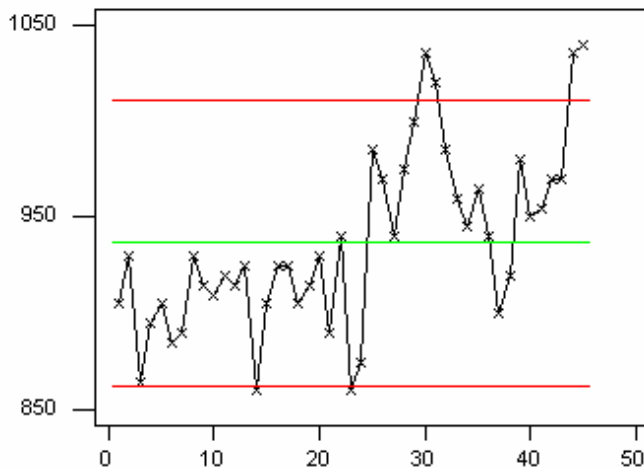
- Può il dato che ottengo oggi dal mio processo, essere utilizzato per predire che cosa il mio processo produrrà nel futuro?

L'abilità predittiva del grafico è basata su:

- La variazione delle misure delle caratteristiche di qualità di interesse

Quale tipo di grafico utilizzare?

- Sebbene Xbar e R charts sono tipicamente “carte di scelta”, non possono essere appropriati per ogni situazione Es: quando la dimensione di un sottogruppo è grande, l'utilizzo dei grafici S, risulta più appropriato per la misura della variazione rispetto a R
- I grafici Individuals possono essere usati per stimare le transazioni, le osservazioni singole.
- CUSUM o EWMA charts sono usati per determinare spostamenti sottili, in un processo, più velocemente rispetto alla Xbar chart standard
- I dati che identificano i difetti sono meglio visibili usando P, NP, C o U charts



Esempio

In un dipartimento di assemblaggio motori d'auto, un banco di prova per gli alberi a camme, in continuo movimento, viene monitorato il comportamento modificando la distanza dal punto A dell'albero e il punto B di riferimento sulla linea base.

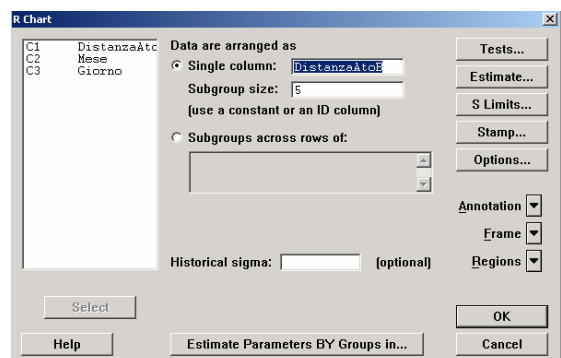
Per assicurare alla produzione un certo livello di qualità, vengono campionate 5 osservazioni al giorno dal 18 Settembre fino al 15 Ottobre e 10 osservazioni dal 18 al 25 Ottobre.

1. Scegliere **CAMSHAFT.MTW**
2. Scegliere **Stat ► Control Charts ► R**
3. Completare come evidenziato

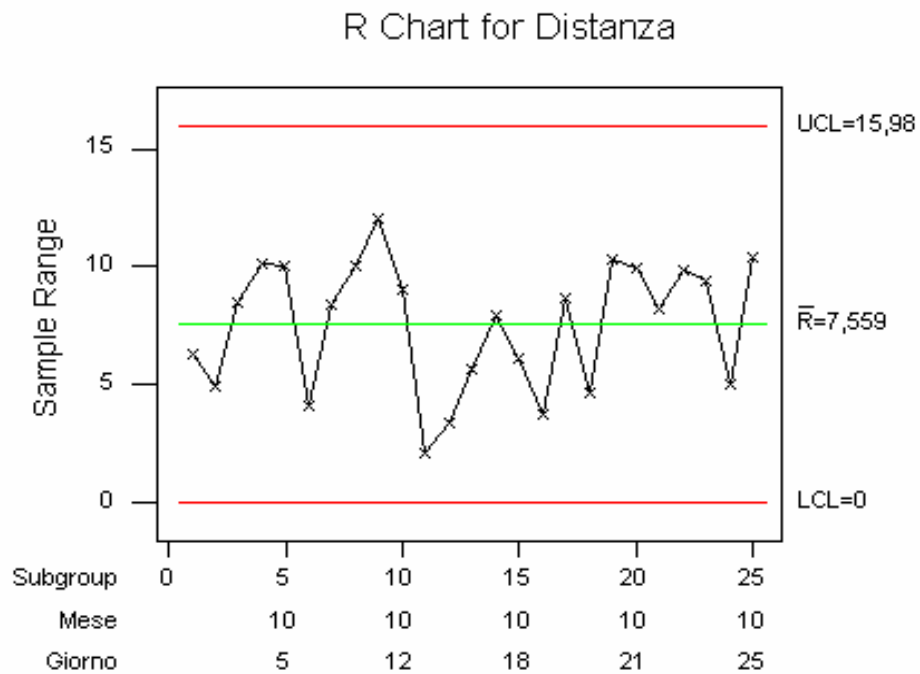
Tipo di grafico
Un control chart è forma specifica di grafici time series
Un Control Chart è un grafico di dati time-ordered che predice come il processo dovrebbe comportarsi

Control limits
I Control Limits sono linee calcolate che indicano l'intervallo di variazioni dentro il quale i valori sono accettati.

Center Line
In aggiunta ai Control Limits, una Center Line viene visualizzata per dare l'idea sull'andamento dei valori graficati

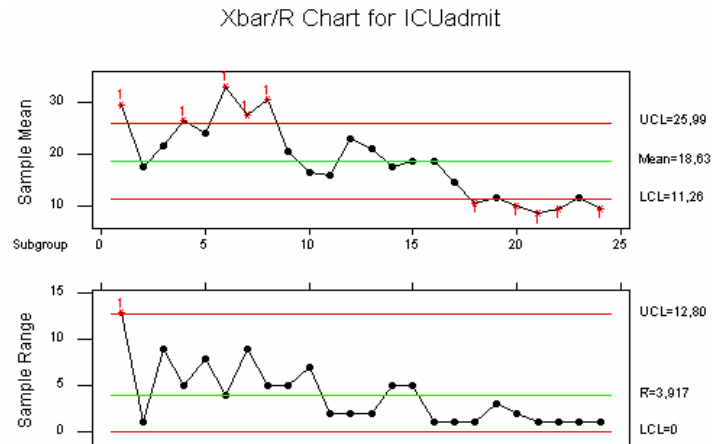


4. Click **Tests**. Click **Perform all four tests**. click **OK**
5. Click **Stamp**. Sotto **Tick Labels**, scrivere Month nella riga 1, e **Day** nella riga 2, quindi click **OK** in ogni dialog box.

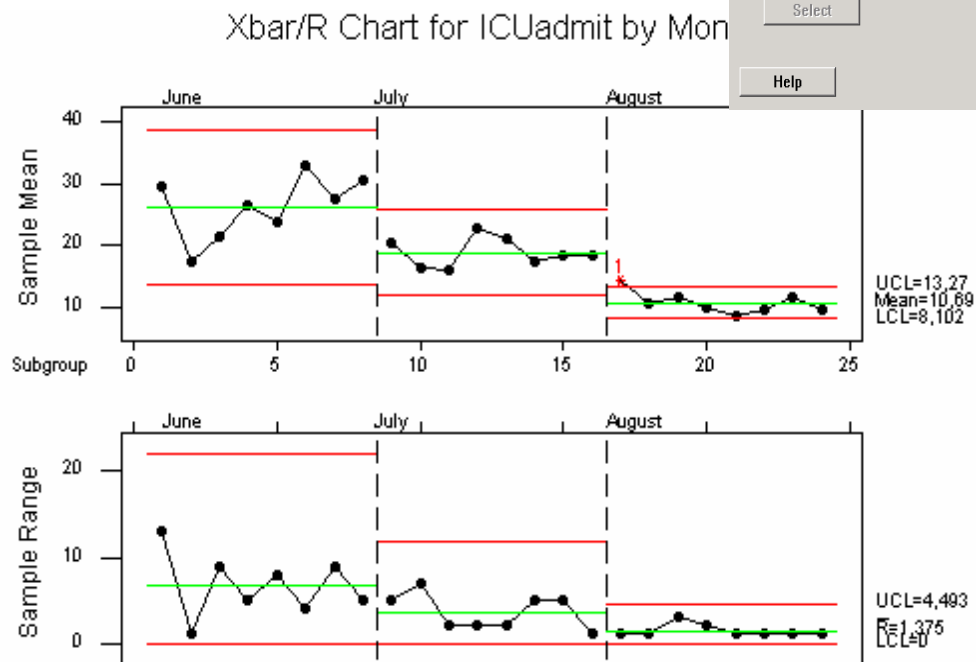
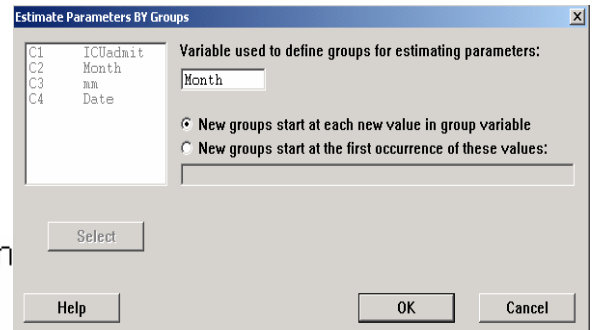


4.2 *Control Charts – Shift in process* *Evidenziare il miglioramento del processo*

- 1 Scegliere ICU.MTW (worksheet)
- 2 Scegliere Stat ► Control Charts ► Xbar-R
- 3 In Single Column scrivere ICU Admit
- 4 In Subgroup Size scrivere 2
- 5 Click OK



1. Scegliere Stat ► Control Charts ► Xbar-R
2. Click Estimate parameters by groups in
3. Completare come evidenziato. Click **OK**



4.2 Control Charts – Individual Charts

Quando viene usato un'Individuals Chart?

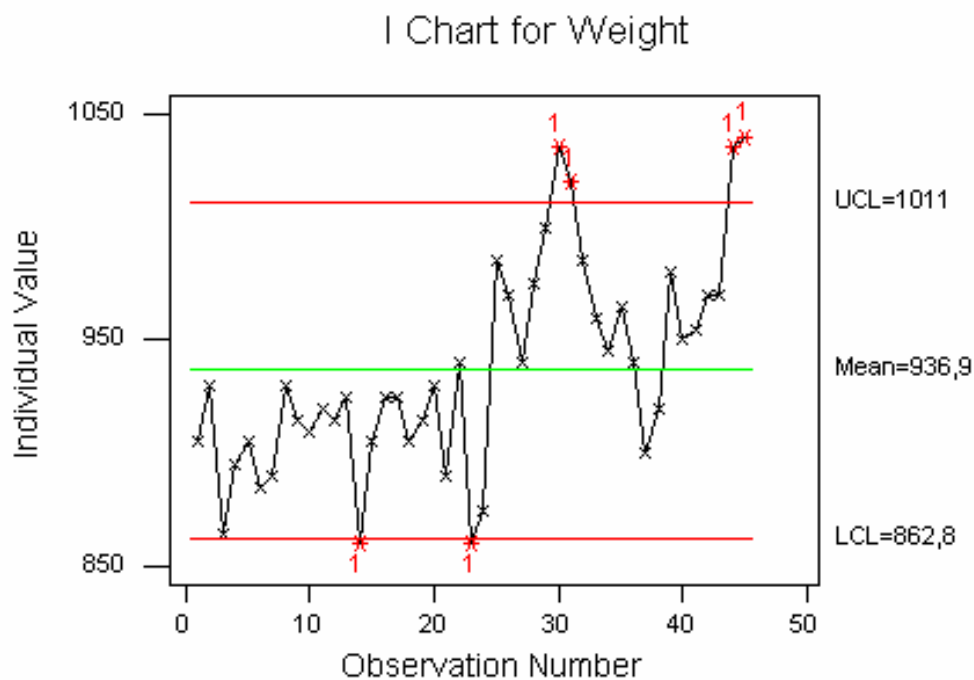
- Individuals charts sono creati quando non esistono rational subgroups
- Sono tipicamente usati:
 - Quando la misurazione è costosa, esempio test distruttivi

- Per flusso produttivo continuo
- Per prodotti che richiedono tempi di produzione lunghi

Limitazioni dell'Individuals Charts

- Moving range charts sono usati per stimare la variabilità all'interno del gruppo. Se il dato è veramente casuale, la variabilità tra il gruppo ed entro il gruppo, sarà simile. In altre parole le stime della variabilità tempi brevi può non esistere.
- I limiti di controllo sono basati su Moving range.

1. Selezionare **EXH_QC.MTW**
2. Scegliere **Stat ► Control Charts ► Individuals**
3. In **Variable** scrivere: **Weight**



5 Controllo della Qualità

La capability analysis copre differenti funzioni. Si può usare per :

- Quantificare la variabilità in un processo produttivo
- Verificare le prestazioni richieste per i nuovi strumenti
- Predirre la prestazione del processo
- Determinare gli intervalli di campionamento
- Aiutare il dipartimento di Ricerca&Sviluppo alla selezione o modifica di un processo
- Pianificare le tolleranze per una sequenza di steps di un processo in modo che il prodotto finale rimanga nelle specifiche

Si può accertare graficamente la capability di un di un processo facendo usa di istogrammi, probability plots e control charts. La si può anche accertare attraverso l'uso di funzioni di capability statistics (Cp, Cpk, Cpm, Pp, Ppk). Queste statistiche possono essere usate per determinare la proporzione attuale di prodotti fuori specifica e predirre proporzioni fuori specifica. Bisogna tenere presente che queste statistiche possono variare naturalmente col tempo. Si ottiene maggiori informazioni usando la combinazione di grafici e statistiche.

Quando la capability è povera o marginale, si potrebbe registrare i valori di settaggio del processo e le condizioni associate ad ogni misurazione per cercare di identificare quale variazione può essere relazionata alla variazione del prodotto

Gli indici della Capability

Ppk - Un valore 1 può significare che il processo è centrato all'interno dei limiti di specifica e che la variazione nel processo è quella attesa. Si otterrebbe un Ppk=1 se la media fosse spostata, ma la variazione fosse sufficientemente piccola in modo che tutti i valori non eccedano i limite di specifica più vicino

Cp - Si usa Cp quando si vuole determinare che cosa il processo sia in grado di produrre. La differenza tra Ppk e Cp è l'area che può essere migliorata per stabilizzazione e centrature del processo

Cpk - Quando Cpk e Ppk sono gli stessi, esiste una variazione between-group molto piccola ed entrambe le statistiche sono gestite dalla variazione within-group

Esempio

In un industria Automobilistica si vuole controllare la qualità di alcuni componenti ad esempio gli alberi a camme, che devono avere le misure di 600 mm \pm 2 mm. C'è stato un problema cronico in fase di produzione di questo componente ed il problema ha causato una diminuzione della qualità con un relativo aumento degli scarti.

Per iniziare è richiesto un grafico Xbar e R che illustri questo andamento.

Per un mese sono stati collettati dati della lunghezza del pezzo, campionati ad 1 ogni 5.

1. **File**►**New**, click Minitab Project, then click OK.
2. **File**►**Open Worksheet**. Select the worksheet **CAMSHAFT.MTW**. Click OK.

Questo worksheet contiene i risultati dei campionamenti dell'ultimo mese dove nella prima colonna troviamo, Lunghezza, con 100 osservazioni (20 campionamenti di 5 pezzi ciascuno).

5.1 *Esame della variabilità con un R Chart*

First, you want to produce a control chart to look at the range of Albero a Camme lengths within the sample subgroups. You hope that the plotted points fall inside the control limits in a random manner.

- 1 Choose **Stat**►**Control Charts**►**R**.
- 2 Choose **Single column** and enter **Length**.
- 3 In **Subgroup size**, type **5**. Click **OK**.

5.2 *Test per Cause Speciali con Xbar Chart*

Si può creare un grafico Xbar chart per vedere se esiste un problema con la lunghezza degli alberi a camme che sono fuori dai limiti ingegneristici accettabili. In aggiunta si richiede a MINITAB di usare 8 tests che analizzeranno ogni possibile variazione.

- 1 Choose **Stat**►**Control Charts**►**Xbar**.
- 2 Choose **Single column** and enter **Length**.
- 3 In **Subgroup size**, type **5**. Verify dialog box.
- 4 Click **Tests**. Check **Perform all eight tests**. Click **OK** in each dialog box.

Il grafico mostra come il processo è fuori controllo. Nello specifico 1 punto ha fallito il test 1 (One point more than 3,00 sigmas from center line), e 2 hanno fallito il test 6 (4 out of 5 points more than 1 sigma from center line).

- 5 Choose **Window**►**Session**.

Ora si ha la conferma che il problema sussiste e si potrà procedere ad analizzare le cause e soluzioni.

5.3 *Creazione di un Histogram with Normal Curve*

Histogram with normal curve è utile per esaminare la distribuzione dei dati.

- 1 Choose **Stat**►**Basic Statistics**►**Display Descriptive Statistics**.
- 2 In **Variables**, enter **Length**.
- 3 Click **Graphs**.
- 4 Check **Histogram of data, with normal curve**.
- 5 Click **OK** in each dialog box.

Esaminando il grafico ci si aspetta che la variabile segua una distribuzione normale. In questo caso l'istogramma però non segue l'andamento a campana tipico di una distribuzione corretta. Un'analisi del dataset indica che vi sono 2 differenti fornitori del pezzo sotto indagine. Quindi ora si potrà procedere ad un'ulteriore analisi dei 2 Suppliers.

5.4 Visualizzazione dei grafici Xbar e R Charts combinati

Il vostro worksheet contiene le variabili Supp1 and Supp2 per identificare i dati che provengono dai Suppliers 1 and 2. Si può utilizzare il comando, Xbar-R, che visualizza entrambi i grafici per una migliore resa.

Nota Il comando Xbar-R è una macro—una collezione di comandi Minitab che vengono eseguiti come un unico comando. Si possono creare ulteriori macro per automatizzare procedure ripetitive o personalizzare funzioni proprie.

5.5 Valutazione del primo fornitore

- 1 Choose **Stat** ► **Control Charts** ► **Xbar-R**.
- 2 Choose **Single column** and enter **Supp1**. Verify dialog box.
- 3 In **Subgroup size**, type **5**. Click OK.

Il grafico mostra che il Supplier 1 appare in linea con le specifiche, comunque il valore medio è 599.5 mm, non 600. Con una media relativa per il Supplier 1 di 1.36 mm.

5.6 Valutazione del secondo fornitore

Si può produrre la stessa analisi per Supplier 2, usando il nome Supp2, come prima.

- 1 Press **[Ctrl]+[E]**.

Questo keyboard shortcut, visualizza l'ultimo Dialog Box utilizzato, visualizzando nuovamente Xbar-R Chart.

- 2 In **Single column**, enter **Supp2**. Click OK.

Non è necessario reinserire i dati come subgroup size, MINITAB “ricorda” le precedenti richieste e visualizza i precedenti valori. Dal grafico risultante si può notare alcuni valori fuori dai limiti.

5.7 Preparazione di un Process Capability Analysis

Si cerca ora di analizzare se il Supplier 1 è perfettamente in linea con le specifiche. Prima si vuole visualizzare la distribuzione della misura della lunghezza del pezzo per Supplier 1:

- 1 Choose **Stat** ► **Basic Statistics** ► **Display Descriptive Statistics**.
- 2 In **Variables**, enter **Supp1**. Click OK.

5.8 Esecuzione di un Process Capability Analysis

Ora siamo pronti per analizzare se Supplier 1 segue le specifiche di 600 mm \pm 2 mm.

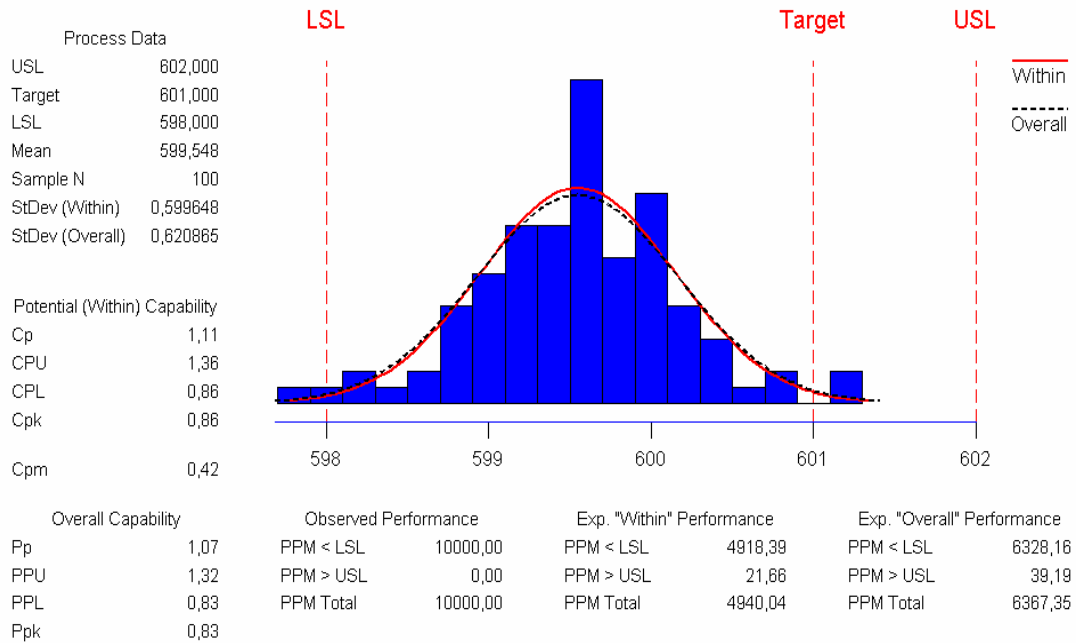
- 1 **Stat**►**Quality Tools**►**Capability Analysis (Normal)**.
- 2 **Single column** and enter **Supp1**.
- 3 In **Subgroup size**, type **5**.

Inserire i limiti delle specifiche.

- 4 In **Lower spec**, scrivere **598**.
- 5 In **Upper spec**, scrivere **602**.
- 6 Click **Options**.
- 7 In **Target (adds Cpm to table)**, scrivere **600**. Click OK in ogni dialog box.

Dal grafico si potrà notare che la media del processo cade vicino al target e la distribuzione è spostata a sinistra. Inoltre la parte sinistra della distribuzione cade fuori dai limiti inferiori delle specifiche. Il comando Capability Analysis produce anche una tabella statistica dove si visualizza l'indice Cpk che indica se il processo produce pezzi nei limiti della tolleranza. Un indice Cpk di 1 significa che il processo è in grado di seguire le specifiche, mentre valori minore di 1 diminuisce questa capacità. L'indice Cpk per il Supplier 1 è solamente 0.90, ciò indica che comunque è necessario un miglioramento nel processo di produzione riducendo la variazione e centrando quindi il target prefisso.

Process Capability Analysis for Supp1



Process Data	
USL	602,000
Target	600,000
LSL	598,000
Mean	599,548
Sample N	100
StDev (Within)	0,576429
StDev (Overall)	0,620865

Potential (Within) Capability	
Cp	1,16
CPU	1,42
CPL	0,90
Cpk	0,90
Cpm	0,87

Overall Capability	
Pp	1,07
PPU	1,32
PPL	0,83
Ppk	0,83

Spiegazione delle statistiche

La tabella in alto mostra i limiti di specifica ed il target (se specificato). La media è calcolata sull'intero set di dati, mentre la dimensione del campione è il numero totale delle osservazione su tutti i sottogruppi.

La deviazione standard within-group (**StDev(Within)**) è calcolata usando la pooled standard deviation. La deviazione standard overall (**StDev(Overall)**) non ha gruppi.

Within Capability Statistics

Le statistiche Within aiutano a determinare la capacità di processo a breve termine.

Cp è il risultato che rappresenta la bontà del processo. Esso assume che il processo sia centrato tra i limiti delle specifiche.

Cpk è semplicemente il minimo di CPU o CPL. In contrasto con Cp, che considera solamente la deviazione standard, Cpk utilizza sia la media che la deviazione standard

Overall Capability Table

Le statistiche Overall offrono un quadro della capacità del processo a lungo termine.

Si usa Cpm quando il target non è centrato con i dati. Cpm utilizza nel calcolo la **StDev(Overall)**

6 GAGE R&R

Nella analisi dei sistemi di misura, come con le altre procedure statistiche, si vuole esaminare sia la diffusione sia la locazione delle misurazioni

La locazione viene esaminata utilizzando:

- Stability** E' la misura di quanto siano accurate nel tempo le prestazioni dei sistemi.
- Bias** Ci dice quanto sia accurata la calibrazione
- Linearity** Ci dice quanto sia accurata la calibrazione

La diffusione può essere esaminata usando:

- Repeatability** La variazione dovuta al dispositivo di misurazione. Essa è la variazione osservata quando lo stesso operatore misura lo stesso oggetto ripetutamente con lo stesso dispositivo.
- Reproducibility** La variazione dovuta al sistema di misura. Essa è la variazione osservata quando differenti operatori misurano lo stesso oggetto usando lo stesso dispositivo

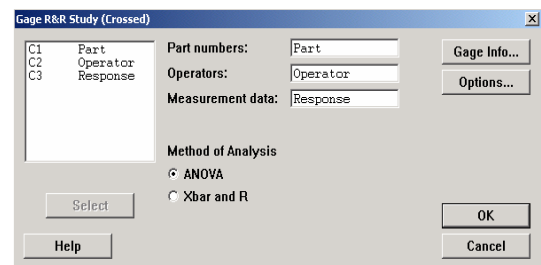
Bisogna esaminare tre domande fondamentali:

1. Può il sistema di misura discriminare adeguatamente parti differenti? (Gage R&R)
2. Il sistema di misura risulta stabile nel tempo?(Gage Stability)
3. Le proprietà statistiche sono nell'intervallo prefissato e accettato dall'analisi di processo? (Gage Linearity)

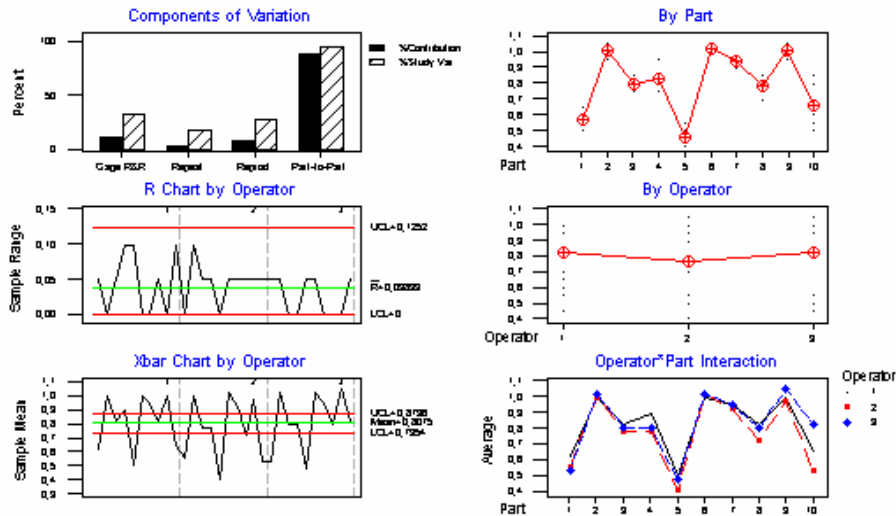
Esempio

- Problema:** In uno studio particolare ci sono 3 operatori e 10 parti da analizzare. Ciascun operatore misura ogni parte 2 volte e le parti sono state date agli operatori in modo casuale.
Lo scopo dello studio è quello di determinare se gli operatori, usando la stessa strumentazione, arriveranno alla stessa misurazione delle parti. Lo stesso operatore che misura 2 volte la parte, ottiene valori differenti?
- Tolleranza:** Ogni parte ha una tolleranza di 1.6mm.
- Sigma Storico:** 0.233
- Misurazione:** Il valore target del diametro è 9012±4microns. La differenza tra il valore massimo accettabile (9016) e quello minimo (9008) è 8 microns

- 6 **Open File ►New**, click **Minitab Project**, click **OK**.
- 7 **File ► Open Worksheet**.
- 8 Selezionare il filtro (*.mtw), nel direttorio DATA.
- 9 Click sul file **GAGEAIAG.MTW**, click **Open**.
- 10 Scegliere **Stat ► Quality Tools ► Gage R&R Study (Crossed)**
- 11 Completare il dialog box
- 12 Click **Options In Process tolerance**, scrivere 1.6
- 13 In **Historical Sigma**, scrivere 0.233 Click **OK**

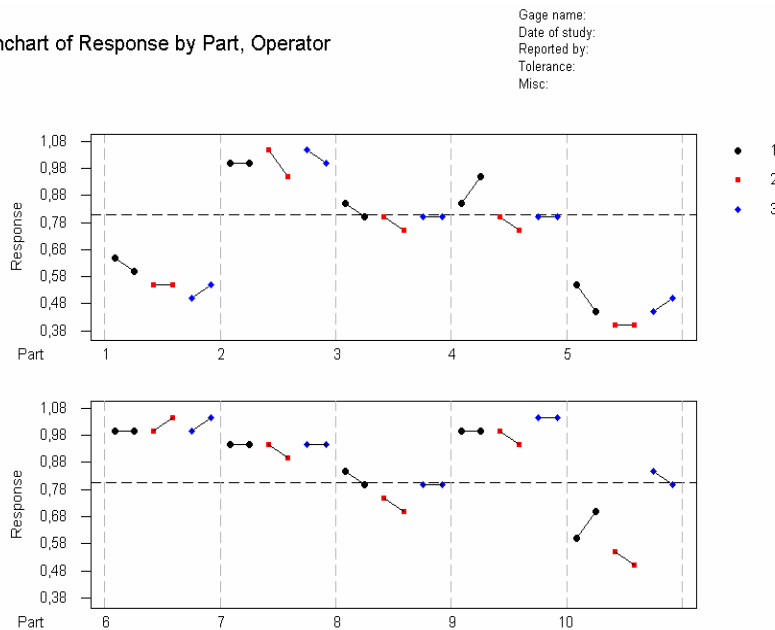


Gage R&R (ANOVA) for Response



1. Scegliere Stat ► Quality Tools ► Gage Run Chart
2. Completare il dialog box
3. Click OK

Runchart of Response by Part, Operator



Valutazione delle cause

La variazione dovuta al sistema di misura indica che esso può essere marginale per la valutazione delle differenze tra le parti. Una ragione è che la mancanza di precisione dello strumento di misura per l'unità è quantificabile.

Inoltre sembra che gli operatori abbiano un problema nella seconda misurazione dell'oggetto. La Gage Run Chart può essere utile per visualizzare repeatability, operator-to-operator variation e part-to-part variation. Essa fornisce un immediato sommario per alcuni problemi incontrati in questo studio.

Run Chart

Ogni box del grafico contiene tutte le misurazioni per un particolare pezzo, di ogni operatore.
La Run Chart mostra la variazione part-to-part (box to box), la variazione operator-to-operator (differenti colori/simboli nel blocco) e repeatability
Un sguardo più attento fa notare che l'operatore 2 generalmente nella seconda misurazione misura un valore più basso

7 Design of Experiment - DOE

In questa sessione, si supponga di lavorare in un impianto chimico. Si sta studiando una delle reazioni che produce un prodotto chimico. Si vorrebbe trovare un metodo per aumentare il rendimento d'un prodotto che è prodotto dalla reazione. Dalla esperienza precedente, è stato visto che variando la temperatura, la pressione ed il tipo di catalizzatore, sembra cambiare il rendimento della reazione. Un problema è che ogni persona del gruppo di lavoro ha una propria teoria in relazione a come ciascuno di questi fattori abbia effetto sulla reazione. Si desidera apportare un reale miglioramento, perciò si decide di effettuare un esperimento per determinare gli effetti reali dei tre fattori.

7.1 *Selezionare un progetto*

Si supponga di voler progettare un esperimento per verificare tre fattori: tempo, temperatura e tipo di catalizzatore.

1. Scegliere **Stat ► DOE ► Factorial ► Create Factorial Design**.
2. Cliccare **Display Available Designs**.

Poiché l'interesse è posto su tre fattori, si può vedere che nella tabella ci sono due opzioni. Si può scegliere tra:

- un progetto fattoriale frazionario di risoluzione III con 4 prove
- un progetto fattoriale completo con 8 prove

Un progetto a due livelli con tre fattori ha 2^3 (otto) combinazioni possibili dei fattori. Scegliendo un progetto con tutte le combinazioni possibili, chiamato progetto fattoriale completo, si ottengono risultati che mostrano gli effetti esenti da confusione, cioè, tutti gli effetti sono distinguibili da altri effetti. Tuttavia, si possono anche ottenere risultati significativi facendo poche prove o combinazioni. I progetti che utilizzano un numero minore di prove rispetto a tutte le combinazioni possibili sono chiamati progetti fattoriali frazionari.

Si decide che il progetto fattoriale completo con 3 fattori e 8 prove è più adatto del progetto fattoriale frazionario. Nell'impianto chimico in oggetto, prove che coinvolgono i fattori di interesse, pressione, temperatura e del tipo di catalizzatore, non sono costosi o richiedono tempo. Inoltre, l'esperimento può essere effettuato in un periodo di massima attività senza disturbare il flusso di lavoro dell'impianto. Se le prove dell'esperimento fossero costose o difficili da effettuare, si potrà prendere una decisione differente.

1. Cliccare **OK**. Si torna ora indietro nella casella di dialogo principale.
2. Scegliere **2-level factorial (default generators)**.
3. In **Number of factors**, scegliere 3.
4. Cliccare **Designs**.

La casella nella parte superiore mostra tutti i progetti disponibili per il tipo di progetto ed il numero di fattori che sono stati selezionati.

1. Nella casella **Designs**, selezionare **Full factorial**.
2. In **Number of replicates** scegliere 2.
3. Cliccare **OK**. Ciò seleziona il progetto e ritorna di nuovo alla casella di dialogo principale. Notare che i tasti restanti ora sono abilitati.

7.2 Nomi dei fattori e regolazione dei livelli del fattore

Si possono inserire i livelli dei fattore (regolazioni) come valore numerico o testo. Se i fattori sono valori continui, usare i livelli numerici; se i fattori sono categoriali, usare i livelli come testo. Le variabili continue possono avere qualunque valore sulla scala di misura che viene utilizzata (per esempio, tempo di reazione). Al contrario, le variabili categoriali possono presupporre soltanto un numero limitato di valori possibili (per esempio, tipo di catalizzatore). Ora si devono scegliere le regolazioni per i fattori. In un progetto fattoriale a due livelli, si sono regolati i fattori su due differenti valori. Molti sperimentatori sostengono che i limiti debbano essere il più lontano possibile dai valori normali di esercizio (entro i limiti di sicurezza se sono conosciuti). Vengono ad esempio scelti i seguenti parametri e le relative regolazioni:

7.3 Fattore - Regolazione bassa Regolazione alta

Temperatura	20° C	40° C
Pressione	1 atmosfera	4 atmosfere
Catalizzatore	A	B

1. Cliccare **Factors**.
2. Cliccare sulla la prima riga della colonna **Name** per cambiare il nome del primo fattore. Poi, utilizzare la freccia del mouse per navigare all'interno della tabella, muovendosi attraverso le righe o le colonne. Nelle righe:
 - **Factor A**, inserire **Temp** in **Name**, 20 in **Low**, e 40 in **High**.
 - **Factor B**, inserire **Pressure** in **Name**, 1 in **Low**, e 4 in **High**.
 - **Factor C**, inserire **Catalyst** in **Name**, A in **Low**, e B in **High**.
3. Cliccare **OK**. Ciò riporta alla casella di dialogo principale.

In più: Se si ha un progetto che include i punti centrali e si hanno sia fattori di tipo testo sia numerici, si deve essere consapevoli che non c'è realmente un centro vero del progetto. In questo caso, i punti centrali sono chiamati punti di pseudo-centro. Per approfondimenti, consultare l'Help oppure il capitolo 19, "Factorial Designs", in Minitab User's Guide 2 per una discussione sui punti di pseudo-centro.

7.4 Casualizzare e memorizzare il progetto

1. Cliccare **Options**.
2. In **Base for random data generator** inserire 9.

Inserire una base per il generatore casuale di dati permette di gestire la casualizzazione in modo da ottenere sempre lo stesso modello. In questo modo si otterrà lo stesso ordine di progetto che è usato in questa sessione di esempio.

3. Assicurarsi che **Store design in worksheet** sia attivo. Cliccare **OK**.

4. Si è ora tornati indietro nella casella di dialogo principale. Cliccare **OK**. Ciò genererà il progetto e memorizzerà il progetto nel foglio di lavoro.

Suggerimento: è solitamente una buona idea casualizzare l'ordine delle prove. La casualizzazione dell'ordine delle prove diminuisce gli effetti degli altri fattori che non sono inclusi nello studio, specialmente effetti che sono dipendenti dal tempo.

7.5 Osservare il progetto

Aprire la finestra di dati in modo da poter vedere a che cosa assomiglia la struttura di un progetto tipico.

1. Scegliere **Window ► Worksheet 1**, o come scorciatoia, utilizzare i dati [Ctrl]+[D].

La finestra di dati dovrebbe ora assomigliare a questa:

Std Order	RunOrd	CenterPt	Blocks	Temp	Pressure	Catalyst
2	1	1	1	40	1	A
14	2	1	1	40	1	B
4	3	1	1	40	4	A
3	4	1	1	20	4	A
1	5	1	1	20	1	A
16	6	1	1	40	4	B
11	7	1	1	20	4	A

Notare le colonne chiamate StdOrder e RunOrder. Ogni volta che si crea un progetto, Minitab assegna la prima colonna all'ordine standard e la seconda colonna all'ordine di avanzamento.

- StdOrder mostra come dovrebbe essere la sequenza delle prove nell'esperimento se fosse fatto nell'ordine standard, o di Yates.
- RunOrder mostra come dovrebbe essere la sequenza delle prove nell'esperimento se fosse fatto nell'ordine casuale.

Se non si casualizza un progetto, l'ordine standard e l'ordine di avanzamento coincidono.

In più, Minitab presenta e memorizza gli indicatori del punto centrale nella terza colonna ed i numeri del blocco nella quarta colonna. Poiché non sono stati aggiunti punti centrali o non si è aggiunto un blocco al progetto, Minitab assegna a queste caselle un unico valore unitario.

Nel foglio di lavoro seguono i fattori, a partire dalla quinta colonna. In questo esempio, i fattori sono disposti su tre colonne. Poiché sono già stati inseriti, nella apposita casella di dialogo, i livelli reali dei fattori sono visibili nel foglio di lavoro.

In più si può usare **Stat ► DOE ► Display Design** per scorrere avanti e indietro fra la visualizzazione dell'ordine casuale e dell'ordine standard e fra la visualizzazione codificata e non codificata, nel foglio di lavoro.

Ci sono due modi per cambiare le regolazioni o i nomi di fattore: usare **Stat ► DOE ► Modify Design**, oppure inserire i nuovi nomi di fattore direttamente nella finestra di dati.

7.6 Raccolta ed inserimento dei dati

A questo punto, si potrebbe voler creare una scheda per la raccolta dei dati relativi all'esperimento. Per stampare la finestra dei dati con la relativa grigliatura:

1. Nella finestra di dati, Cliccare sulla spazio dedicato all'intestazione della ottava colonna ed inserire **Yield**.
2. Scegliere **File > Print Worksheet** ed assicurarsi che **Print Grid Lines** sia attivata. Cliccare **OK**.

Ora si dovrebbe effettuare tutta la sequenza delle sedici prove dell'esperimento e registrare i rendimenti osservati. Si supponga di aver ottenuto i seguenti rendimenti del prodotto (in grammi):

66 66 102 98 65 54 107 68 53 66 55 85 108 89 52 63

3. Inserire i rendimenti osservati nella colonna Yield della finestra di dati.

7.7 Selezione del progetto - adattamento di un modello

Quando si seleziona un progetto, lo scopo è di vagliare i fattori che hanno gli effetti più significativi. Ora che si è creato un progetto fattoriale e si sono raccolti i dati della reazione, si può adattare un modello ai risultati e generare alcuni grafici per valutare gli effetti. Si userà l'output per adattare un modello matematico si useranno anche due metodi grafici per comprendere quali fattori sono importanti al fine di migliorare il rendimento della reazione

7.8 Adattare un modello

Da quando è stato creato e memorizzato un progetto fattoriale, si noterà che Minitab ha attivato il menu **DOE ► Factorial** e i comandi **Analyze Factorial Design** e **Factorial Plots**. Se si fanno i grafici dei parametri risposta (responses) piuttosto che dei valori adattati (medie dei minimi quadrati), si possono generare i diagrammi degli effetti principali, i diagrammi delle interazioni e i diagrammi a forma di cubo prima o dopo che si sia effettivamente adattato un modello. In questa sessione di esempio, si adatterà per primo di modello.

1. Scegliere **Stat ► DOE ► Factorial ► Analyze Factorial Design**.
2. In **Responses**, inserire **Yield**.
3. Cliccare **Graphs**.
4. Per generare i due diagrammi degli effetti che aiuteranno a determinare quali effetti sono attivi, attivare **Normal e Pareto**. Usare il livello standard di $\alpha=(0,10)$
5. Cliccare **OK**. Si ritorna di nuovo alla casella di dialogo principale.

Ora è stato selezionato il modello che si desidera adattare, i grafici che si desiderano visualizzare e sono state regolate tutte le altre opzioni.

6. Per visualizzare l'output richiesto nella finestra della sessione ed ogni grafico in una finestra separata, Cliccare **OK** nella casella di dialogo principale.

7.9 Identificazione degli effetti importanti

Si possono usare sia la finestra di sessione dell'output, sia i due diagrammi degli effetti per avere un aiuto a decidere quali effetti sono importanti per il processo. In primo luogo, si guarderà a finestra di sessione dell'output.

Viene adattato il modello completo, che include i tre effetti principali, le tre interazioni a due fattori ed un'interazione a tre fattori. Si usano i valori nella colonna P della tabella degli effetti stimati e dei coefficienti per determinare quali effetti sono significativi. Usando $\alpha = 0,05$, si possono considerare significativi gli effetti principali della pressione e del catalizzatore e l'interazione pressione*catalizzatore; cioè i corrispondenti valori di P sono minori di 0,05.

7.10 Selezione dei diagrammi — Diagrammi degli effetti

Ora si possono usare il diagramma di probabilità normale e il diagramma di Pareto degli effetti per vedere quali effetti influenzano la variabile risposta (response) Yield.

Gli effetti attivi sono quelli significativi o importanti. Nel diagramma normale degli effetti, i punti che non si adattano bene ad una linea, usualmente segnalano gli effetti attivi. Gli effetti attivi sono più grandi ed più lontani dalla linea adattata rispetto agli effetti inattivi. Gli effetti inattivi tendono ad essere più piccoli ed concentrati intorno allo zero, la media di tutti gli effetti.

1. Per fare apparire il diagramma di probabilità normale nella finestra attiva, scegliere **Window ► Effects Plot for Yield**. Verificare il diagramma degli effetti.

Il diagramma di probabilità normale identifica gli effetti che hanno un valore più basso rispetto al livello α che è stato scelto nella sottocasella di dialogo Graphs - Analyze Factorial Design. Qui, gli effetti della pressione, del catalizzatore e dell'interazione pressione*catalizzatore sono significativi usando $\alpha = 0,10$.

Il diagramma di Pareto degli effetti è un altro strumento utile che si può utilizzare per contribuire a determinare quali effetti sono attivi.

1. Per fare apparire il diagramma di Pareto nella finestra attiva, scegliere **Window ► Effects Pareto for Yield..** Verificare la tabella di Pareto.

Minitab visualizza il valore assoluto degli effetti sul diagramma di Pareto.

Il diagramma di Pareto usa lo stesso valore di α del diagramma normale per determinare l'importanza degli effetti. Così ancora, si vede che la pressione, il catalizzatore e l'interazione pressione*catalizzatore sono significativi ($\alpha = 0,10$).

Successivamente, si adatterà un modello senza i termini relativi alla temperatura, all'interazione temperatura*pressione e all'interazione temperatura*catalizzatore, che sembrano essere inattivi. Si verificherà poi quanto è buono il modello dopo che è stato adattato il modello ridotto.

7.11 Adattamento di un modello ridotto

Si desidera adattare un nuovo modello usando soltanto i termini che sono stati identificati importanti prendendo in considerazione i risultati dell'adattamento del modello completo, cioè in altre parole, separando gli effetti poco importanti. Dopo aver adattato il modello, si

genereranno alcuni diagrammi per visualizzare gli effetti, valutare l' idoneità del modello ridotto e fare un' analisi dei residui.

Si adatterà un modello che include la pressione, il catalizzatore e l' interazione pressione*catalizzatore..

1. Scegliere **Stat ► DOE ► Factorial ► Analyze Factorial Design**.
2. Cliccare **Terms**..
3. Installare il modello che si desidera adattare.
 - In **Include terms in the model up through**, scegliere **ABC** verso la casella **Available Terms**..
 - Cliccare su **A:Temp** nelle casella **Selected Terms**, quindi cliccare l' apposito tasto di avanzamento (<). Ciò sposterà la variabile **A:Temp** verso la casella della lista **Available Terms**.
 - Ripetere queste operazioni per spostare le interazioni AB e AC verso la casella **Available Terms**.
4. Cliccare **OK** . Si è ora indietro nella casella di dialogo principale.
5. Cliccare **Graphs**. Disattivare **Normal** e **Pareto**.
6. Attivare **Histogram, Normal plot, Residuals versus fits** e **Residuals versus order**. Verificare la casella di dialogo. Cliccare **OK** e ritornare alla casella di dialogo principale.
7. Cliccare **OK** nella casella di dialogo **Analyze Factorial Design**.

L' output verrà visualizzato nella finestra di sessione ed i diagrammi dei residui saranno visualizzati nelle finestre del grafico.

Era corretta la scelta degli effetti attivi? È un modello valido? Si proverà a rispondere più tardi a queste domande quando si valuterà il modello ridotto.

7.12 Valutazione del modello ridotto

L' output nella finestra della sessione fornisce le informazioni relative a quanto buono sia il modello. Si esamini la colonna inerente ai valori di P per ciascuno dei termini nel modello. Un buon modo per valutare il modello è di guardare i valori di P. Se tutti i termini hanno un valore di P minore del livello α adatto all' esperimento, si può essere sicuri che si ha un buono modello. Qui, si sceglie di usare $\alpha = 0,05$.

Il valore di P per ogni termine nel modello è inferiore a 0,05, ed indica che questo modello è un buono candidato per procedere ad una ulteriore esplorazione e convalida. Questo modello è considerevolmente più semplice e adatta i dati quasi come il modello con tutti i termini. L' errore residuo è aumentato soltanto di poco.

Si può ulteriormente controllare il modello usando i diagrammi dei residui. I valori adattati sono i risultati previsti dal modello. I residui sono i rendimenti reali meno i rendimenti previsti. I grafici successivi mostrano:

Il diagramma di probabilità normale dei residui

I residui verso la successione dei dati (successione delle osservazioni)

L' istogramma dei residui

I residui verso i valori adattati

I diagrammi dei residui erano soddisfacenti e non hanno mostrato motivo di inquietudine.

7.13 Visualizzazione dei diagrammi fattoriali

Si faranno ora due grafici che permetteranno la visualizzazione degli effetti: il diagramma degli effetti principali e il diagramma delle interazioni. Quando i diagrammi sono basati sulla medie dei dati risposta (response), è possibile generarli prima o dopo che si sia realmente adattato un modello ai dati. Quando si sta facendo il grafico dei valori adattati (medie dei minimi quadrati), si deve prima adattare il modello.

1. Scegliere **Stat ► DOE ► Factorial ► Factorial Plots**.
2. Attivare **Main effects** e cliccare **Setup**.
3. In **Responses**, inserire **Yield**.
4. Dopo, selezionare i termini che si desiderano mettere nel grafico:
 - Cliccare su **B:Pressure** nella casella **Available**, poi cliccare sulla singola freccia che punta verso destra. Ciò sposterà la variabile **B:Pressure** verso la casella **Selected**.
 - Ripetere queste operazioni per spostare **C:Catalyst** verso la casella **Selected**. Cliccare **OK**.
5. Attivare **Interaction** and cliccare **Setup**
6. Ripetere i punti 3 e 4. Verificare la casella di dialogo Interaction.
7. Cliccare **OK** nella casella di dialogo main Factorial Plots per visualizzare ogni diagramma in una finestra di grafico separata.

7.14 Valutazione dei diagrammi

In primo luogo, dare un'occhiata ad un diagramma che mostra l'effetto fondamentale del cambiamento della pressione, o dell'uso del catalizzatore A rispetto al catalizzatore B. Questi effetti ad un fattore sono chiamati effetti principali. I valori numerici per tutti gli effetti sono indicati nella finestra di sessione.

1. Scegliere **Window ► Main Effects for Yield** per rendere attiva la finestra del grafico degli effetti principali.

Sono visualizzati due diagrammi degli effetti principali, uno per la pressione e l'altro per il catalizzatore. Verificare il grafico degli effetti principali.

- L'effetto principale della pressione è la differenza fra il valore basso e il valore alto sul grafico
- L'effetto principale del catalizzatore è la differenza fra le due categorie

Si può vedere che il tipo di catalizzatore ha un effetto principale maggiore rispetto alla pressione. Cioè la linea che collega le risposte medie per il catalizzatore A ed il catalizzatore B ha una pendenza maggiore rispetto alla linea che collega le risposte medie alle regolazioni basse ed alte di pressione. Sebbene il tipo di catalizzatore sembri avere un effetto maggiore sul rendimento rispetto alla pressione, è molto importante guardare l'interazione. Un'interazione può esaltare o annullare un effetto principale.

Per calcolare gli effetti principali, Minitab sottrae la risposta (response) media al livello basso o al primo livello del fattore dalla risposta (response) media al livello alto o al secondo livello del fattore. La tabella sotto ricapitola i risultati:

7.15 Dimensione dell'effetto - Interpretazione

Pressione: +14,13 le prove condotte a 4 atmosfere di pressione hanno avuto migliori rendimenti rispetto alle prove condotte ad una atmosfera di pressione

Catalizzatore: -30,37 le prove che hanno utilizzato il catalizzatore A ha avuto rendimenti maggiori rispetto alle prove che hanno utilizzato il catalizzatore B

Se non ci sono interazioni fra i fattori, questo grafico descriverà adeguatamente dove si potrà ottenere il profitto maggiore per i cambiamenti nei fattori.

Il punto seguente, allora, è guardare l'interazione significativa. Anche se è già stata verificata un'interazione significativa con l'output della finestra di sessione, si può guardare il diagramma di interazione per vedere quanto è grande questo effetto.

1. Per rendere attiva la finestra del grafico dell'interazione, scegliere **Window ► Interaction Plot for Yield**. Verificare il diagramma delle interazioni.

Un diagramma di interazione mostra l'effetto che il cambiamento delle regolazioni di un fattore ha su un altro fattore. Poiché un'interazione può esaltare o diminuire gli effetti principali, la valutazione delle interazioni è estremamente importante. L'interazione significativa fra pressione e catalizzatore può essere vista come due linee con pendenze sensibilmente differenti.

I rendimenti per il catalizzatore A sono più grandi dei rendimenti per il catalizzatore B sia a 1, sia a 4 atmosfere di pressione. Tuttavia, si può vedere che la differenza dei rendimenti fra le prove condotte usando il catalizzatore A ed le prove condotte usando il catalizzatore B a 4 atmosfere è molto più grande della differenza nei rendimenti fra le prove condotte usando il catalizzatore A e le prove condotte usando il catalizzatore B a 1 atmosfera. Allo scopo di ottenere il più alto rendimento nell'esperimento, i risultati suggeriscono che si dovrebbe regolare la pressione a 4 atmosfere ed usare il catalizzatore A.