



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA AEROSPAZIALE – D.I.A.S.

STATISTICA PER L'INNOVAZIONE

a.a. 2007/2008

Laboratorio di Statistica: la Catapulta

Prof. Antonio Lanzotti

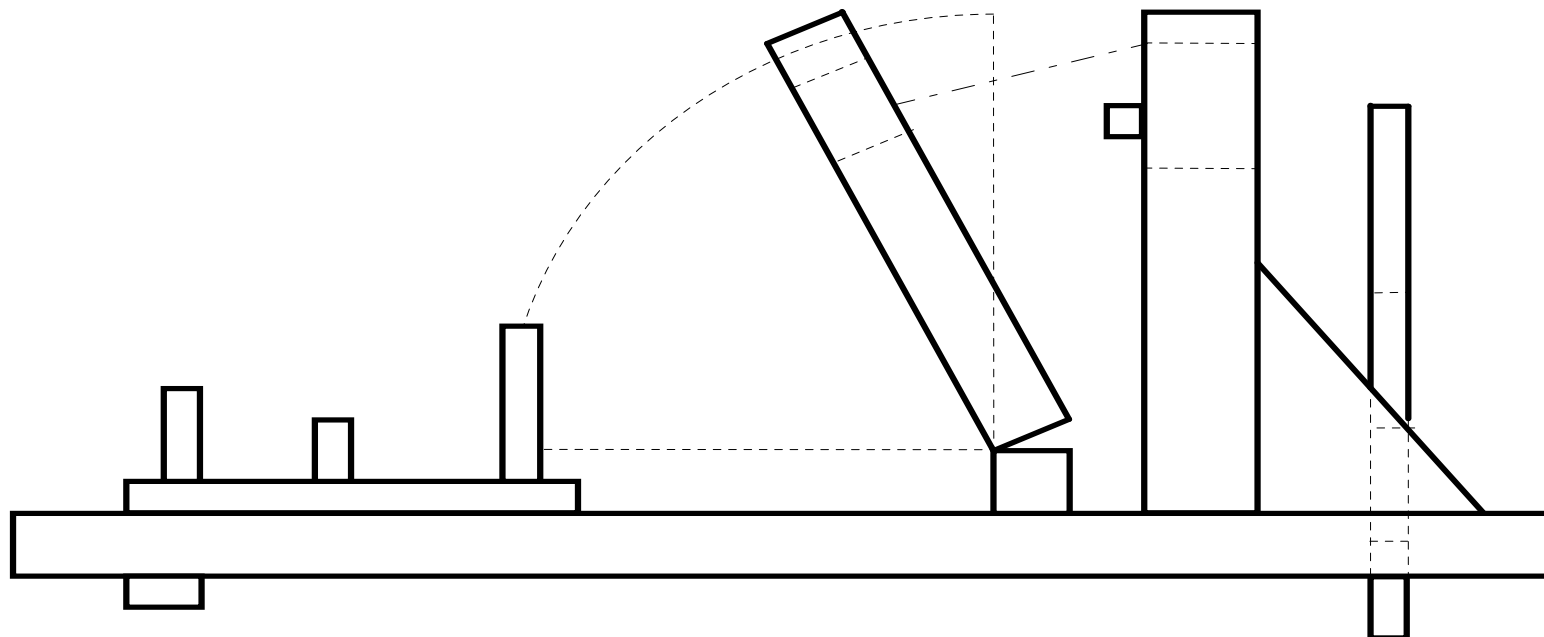
A cura di: Ing. Giovanna Matrone

giovanna.matrone@unina.it



La Catapulta

La catapulta, antica macchina di guerra che scaglia pietre mediante una grossa leva a cucchiaio, è utilizzata, quale strumento didattico, per condurre un esperimento programmato.





Enunciazione del problema

La risposta variabile nell'esperimento è rappresentata dalla distanza, rispetto ad un punto fisso, della pallina lanciata.

Obiettivo dell'esperimento è conoscere la combinazione di fattori più efficace nel massimizzare il lancio della pallina.

Fattori di progetto

- **A** altezza del fermo di fine corsa per appoggiare il braccio mobile in fase di lancio;
- **B** inclinazione della base della catapulta rispetto al piano orizzontale;
- **C** posizione dell'elastico sul supporto fisso;
- **D** posizione dell'elastico sul braccio mobile;
- **E** vano per l'alloggio della pallina sul braccio mobile.



Fattori di disturbo

Oltre ai fattori di progetto, anche altre grandezze intervengono nella misura della risposta. In particolare si tratta di fattori non direttamente controllati dagli sperimentatori; essi ‘disturbano’ il processo, potendo condizionare i risultati.

L’obiettivo della Progettazione Robusta è quello di rendere il sistema il più insensibile possibile a queste cause di variabilità.

Fattori di disturbo

- **N1** tipo di sfera;
- **N2** operatori al lancio ed alla misura della distanza.



Scelta del piano sperimentale

Inner Array

Nel caso in esame il piano fattoriale completo per i fattori di controllo è:

5 fattori a 2 livelli: $2^5 = 32$ prove

Dovendo però incrociare questo piano con l'*outer array*, le prove da effettuare diventerebbero troppe: si decide di procedere con un frazionamento spinto.

Il numero minimo di prove di cui abbiamo bisogno è 6

1 per la media e (2-1 per i 5 effetti principali.

Il piano frazionato più piccolo, che contiene almeno 6 prove è il seguente:

$2^{5-2} = 8$ prove.



Scelta del piano sperimentale

Outer Array

Nel caso in esame il piano fattoriale completo per i fattori di disturbo è:

2 fattori a 2 livelli: $2^2 = 4$ prove

Andando a combinare in un cross array i fattori di controllo con quelli di disturbo, avremo per ognuna delle combinazioni dei fattori di controllo 4 replicazioni corrispondenti alle combinazioni dei fattori di disturbo.

Il piano prevederà complessivamente: $8*4 = 32$ prove.



Piano sperimentale

					1	2	3	4					
					-	-	+	+	N ₁				
					-	+	-	+	N ₂				
	A	B	C	D	E					Media	Varianza	SN	
<i>I</i>	-	-	-	+	+								
<i>II</i>	-	-	+	+	-								
<i>III</i>	-	+	-	-	+								
<i>IV</i>	-	+	+	-	-								
<i>V</i>	+	-	-	-	-								
<i>VI</i>	+	-	+	-	+								
<i>VII</i>	+	+	-	+	-								
<i>VIII</i>	+	+	+	+	+								

(D=AB) (E=AC)



Sull'analisi degli effetti

Per individuare la combinazione più robusta dei livelli dei fattori di controllo, viene analizzata la funzione monotona rapporto segnale/rumore (S/N - *Signal/Noise*) che evidenzia gli effetti dei fattori sulla variabilità della prestazione totale x (Tab. I.4). Il rapporto segnale/rumore è inversamente proporzionale al costo valutato con la funzione perdita. Più grande è tale rapporto, più robuste sono le sue prestazioni.

	Max di S/N
$x_0 \neq 0$	$-10\text{Log}\left(\sum_i \frac{(x_i - x_0)^2}{n}\right)$
$x_0 = 0$	$-10\text{Log}\frac{\sum_i x_i^2}{n}$
$x_0 = \infty$	$-10\text{Log}\frac{\sum_i \frac{1}{x_i^2}}{n}$

Tabella I.4 – Funzione Segnale/ Rumore.



Dati raccolti in aula

prove = $8 \cdot 4 = 32$

					1	2	3	4	
					-	-	+	+	N_1
					-	+	-	+	N_2
	A	B	C	D	E				
<i>I</i>	-	-	-	+	-	81	88	83	85
<i>II</i>	+	-	-	+	+	25	26	24	25
<i>III</i>	-	+	-	-	+	35	31	26	30
<i>IV</i>	+	+	-	-	-	13	6	3	5
<i>V</i>	-	-	+	-	+	100	102	103	108
<i>VI</i>	+	-	+	-	-	49	52	40	53
<i>VII</i>	-	+	+	+	-	247	252	264	262
<i>VII</i>	+	+	+	+	+	137	134	133	129