



TEMPI E METODI

Tempi standard predeterminati

- I sistemi a Tempi Standard Predeterminati si basano sul principio base che ogni movimento/elemento/attività elementare richieda praticamente sempre lo stesso tempo, a parità di condizioni di lavoro e se compiuto da un esecutore sufficientemente abile
- I tempi sono espressi nell'unità particolare TMU (Time Measurement Unit)
 - $1 \text{ TMU} = 0,00001 \text{ ore} = 0,0006 \text{ min} = 0,036 \text{ sec}$
 - $1 \text{ ora} = 100.000 \text{ TMU}$
- Per il calcolo dei Tempi Standard solitamente si aggiunge un coefficiente di correzione F



Tempi standard predeterminati

■ Passi del metodo a Tempi Standard Predeterminati:

1. Scomposizione del lavoro da svolgere nei suoi microelementi di base
2. Individuazione nelle tabelle appropriate dei valori di TMU relativi ai micromovimenti
3. Aggiustamento dei valori attraverso fattori correttivi
4. Esecuzione della somma dei valori di tutti i microelementi da compiere per svolgere il lavoro
5. Determinazione del tempo standard complessivo

Tempi standard predeterminati

- Esistono diverse famiglie e sottofamiglie di metodi/sistemi per il calcolo dei Tempi Standard Predeterminati
- La più diffusa (dalla quale deriva buona parte delle altre) è la famiglia nota come MTM (Method Time Measurement)
- I diversi sistemi MTM permettono l'applicabilità del metodo in funzione delle diversità delle esigenze degli utilizzatori Le principali famiglie sono:
 - Motion-based systems MTM 1
 - Element-based systems MTM II (es. MTM UAS, MTM MEK, MTM-HC)
 - Activity-based systems -MOST

Tempi standard predeterminati

- Il metodo originario MTM definisce i tempi dei principali micromovimenti di Arti superiori, Occhi e Arti inferiori
- I 9 micromovimenti arti superiori
 - Raggiungere (Reach)
 - Muovere (Move)
 - Ruotare (Turn),
 - Applicare pressione (Apply Pressure),
 - Prendere (Grasp), Rilasciare (Release),
 - Posizionare (Position),
 - Disaccoppiare (Disengage),
 - Girare la chiave (Crank)

Ad ogni movimento corrisponde una tabella che fornisce le TMU in funzione dei fattori al contorno (distanze da percorrere, pesi, forme degli oggetti..)

Tempi standard predeterminati

TABLE 7.1 Predicted Move-Time Data in Which a *Move* is Defined as a Motion of the Hand Required to Transport an Object (from MTM Association for Standards and Research, Fairlawn, NJ 07410)

	Time, TMUs				Allowance			
Distance Moved (cm)	A	B	C	Hand in Motion B	Weight (kg) up to	Constant (TMUs)	Factor	Case and Description
0 to 2	2.9	2.0	2.0	1.7	1	0	1.00	A Move object to other hand or against stop
4	3.1	4.0	4.5	2.8	2	1.6	1.04	
6	4.1	5.0	5.8	3.1				
8	5.1	5.9	6.9	3.7				
10	6.0	6.8	7.9	4.3	4	2.8	1.07	
12	6.9	7.7	8.8	4.9	6	4.3	1.12	
14	7.7	8.5	9.8	5.4				B Move object to approximate
16	8.3	9.2	10.5	6.0				
18	9.0	9.8	11.1	6.5	8	5.8	1.17	
20	9.6	10.5	11.7	7.1				
22	10.2	11.2	12.4	7.6	10	7.3	1.22	

Tempi standard predeterminati

								B
22	10.2	11.2	12.4	7.6	10	7.3	1.22	Move object to approximate or indefinite location
24	10.8	11.8	13.0	8.2	12	8.8	1.27	
26	11.5	12.3	13.7	8.7				
28	12.1	12.8	14.4	9.3				
30	12.7	13.3	15.1	9.8				
35	14.3	14.5	16.8	11.2	14	10.4	1.32	C Move object to exact location
40	15.8	15.6	18.5	12.6	16	11.9	1.36	
45	17.4	16.8	20.1	14.0				
50	19.0	18.0	21.8	15.4				
55	20.5	19.2	23.5	16.8	18	13.4	1.41	
60	22.1	20.4	25.2	18.2	20	14.9	1.46	
65	23.6	21.6	26.9	19.5				
70	25.2	22.8	28.6	20.9				
75	26.7	24.0	30.3	22.3	22	16.4	1.51	
80	28.3	25.2	32.0	23.7				

Motion-based (MTM 1)

- MTM 1 è un sistema molto dettagliato e affidabile che si concentra sull'analisi dei movimenti delle due mani
- È adatto allo studio di lavorazioni:
 - ad alto grado di ripetitività
 - cicli molto brevi,
 - quando errori di poche TMU potrebbero determinare grandi inconvenienti in produzione e di convenienza economica

Es. linee di montaggio freni automobile

Motion-based (MTM 1)

Left hand description	F	Left hand movement	TMU	Right hand movement	F	Right hand description
SCREW 2 BOLTS						
Reach the bolt		R24C	12.5	R24C		Reach the bolt
Grasp		G4B	9.1	-		
		-	9.1	G4B		Grasp
Bolt to assembly		M24C	13.0	M24C		Bolt to assembly
Position 1 st bolt		P2SE	16.2	-		
Search thread	2	M2B	4.0	-		
		-	16.2	P2SE		Position 1 st bolt
		-	4.0	M2B	2	Search thread
Release		RL1	2.0	RL1		Release
fastening cycle {	8	R2A	16.0	R2A	8	} fastening cycle
	8	G1A	16.0	G1A	8	
	8	M2B	16.0	M2B	8	
	8	RL1	16.0	RL1	8	
		Total	150.1			
TIGHTEN 2 BOLTS WITH A WRENCH						
Reach the assembly		R-A	12.8	R30B		Reach the wrench
Grasp		G1A	3.5	G1B		Grasp
			15.1	M30C		Wrench to assembly
			14.7	P1SSD		Position
			1.6	SC2		Static component
			10.9	M20B2		Screw
			11.7	M20C		Recovery with wrench
			14.7	P1SSD		Reposition wrench
			1.6	SC2		Static component
			9.6	M16B2		Screw
			10.6	APA		Tighten
			13.3	M30B		Recovery with wrench
			2.0	RL1		Release
		Total	122.1			

Element-based (MTM 2)

- La famiglia degli Element-based è un derivato di MTM-1, corrispondente ad una semplificazione dei movimenti rilevati ed ad una specializzazione in settori diversi
- Esistono una serie di sottofamiglie di specializzazione di settore, es. MTM-HC (per l'industria healthcare), MTM-C (per lavori di ufficio), MTMM (per lavori al microscopio...)
- MTM UAS è un sistema derivato da MTM-1 attraverso elaborazioni statistiche dei dati tabulati, che non distingue il movimento di dettaglio delle due mani
- È il risultato di un aggregazione dei movimenti basilari di MTM 1 in elementi di movimentazione principali,.
- Adatto a lavorazioni caratterizzate da notevoli variazioni del ciclo produttivo

Element-based (MTM 2)

Description	Code	TMU	F	TMU sum
SCREW 2 BOLTS				
Grasp and position bolts	AF2	65		65
	AF1	40		40
Screw with hand	ZB1	10	8	80
		Total		185
TIGHTEN 2 BOLTS WITH A WRENCH				
Grasp and reposition wrench	HB2	60		60
Screw	ZA1	5		5
Reposition wrench	ZC1	30		30
Tighten	ZD	20		20
		Total		115

Activity-based (MOST)

- MOST (Maynard Operation Sequence Technique) è un sistema di MTM più rapido delle famiglie precedenti, poiché identifica delle attività principali e non dei movimenti singoli
- Naturalmente perde in livello di dettaglio e quindi precisione nell'elaborazione dei tempi standard MOST definisce non una serie di movimenti, ma una sequenza di eventi/attività che comportano dei movimenti
- Gli eventi base di MOST sono:
 - La sequenza di movimento di un oggetto
 - La sequenza di controllo di un oggetto
 - La sequenza di impiego di strumenti e di un oggetto
 - La sequenza per utilizzo di gru manuali

Activity-based (MOST)

- A fianco di ogni sotto attività si indica il tempo di esecuzione, che deriva (come negli altri metodi) da tabelle standardizzate secondo diversi parametri (es. numero di step all'interno della sotto attività)
 - Il tempo indicato in indice è 1/10 di una TMU standard
 - Il tempo standard si ricava come $TMU + \text{allowance factor}$, dove allowance factor = maggiorazione del tempo standard per riposo personale (P), fatica (F) , rallentamenti diversi (D)
 - Solitamente l'allowance factor è almeno il 15% del tempo standard calcolato con MOST

La sequenza di movimento di un oggetto

■ A B G A B P A

- A → distanza percorsa
- B → Movimento del corpo
- G → Presa oggetto
- P → posizionamento

BasicMOST System									
General Move									
A B G A B P A									
Index x 10	A Action Distance	B Body Motion	G Gain Control		P Placement		Index x 10		
0	≤ 2 in. (5 cm)				Pickup Toss		0		
1	Within Reach		G R A S P	Light Object Light Objects Simo	P U T	Lay Aside Loose Fit	1		
3	1 – 2 Steps	Sit or Stand Bend and Arise 50% occ.	G E T	Light Objects Non-Simo Heavy or Bulky Blind or Obstructed	P L A C E	Loose Fit Blind or Obstructed Adjustments Light Pressure Double Placement	3		
			Disengage Interlocked Collect						
6	3 – 4 Steps	Bend and Arise			P O S I T I O N	Care or Precision Heavy Pressure Blind or Obstructed Intermediate Moves	6		
10	5 – 7 Steps	Sit or Stand with Adjustments					10		
16	8 – 10 Steps	Stand and Bend Bend and Sit Climb On or Off Through Door					16		

Figure 3.1 General Move System

Action Distance			
<i>Index Value</i>	<i>Steps</i>	<i>Feet</i>	<i>Meters</i>
A ₂₄	11-15	38	12
A ₃₂	16-20	50	15
A ₄₂	21-26	65	20
A ₅₄	27-33	83	25
A ₆₇	34-40	100	30
A ₈₁	41-49	123	38
A ₉₆	50-57	143	44
A ₁₁₃	58-67	168	51
A ₁₃₁	68-78	195	59
A ₁₅₂	79-90	225	69
A ₁₇₃	91-102	255	78
A ₁₉₆	103-115	288	88
A ₂₂₀	116-128	320	98
A ₂₄₅	129-142	355	108
A ₂₇₀	143-158	395	120
A ₃₀₀	159-174	435	133
A ₃₃₀	175-191	478	146

La sequenza di movimento di un oggetto

rappresenta l'attività "Cammina per tre passi e prendi un bullone dal pavimento, sollevalo e mettilo in una scatola",

A6 B6 G1 A1 B0 P3 A0

- ☐ A6: "cammina per tre passi fino alla posizione dell'oggetto"
- ☐ B6: "chinati ed alzati"
- ☐ G1: "prendi controllo dell'oggetto"
- ☐ A1: "muovi l'oggetto alla distanza che devi raggiungere"
- ☐ B0: "non muoverti"
- ☐ P3: "posiziona l'oggetto"
- ☐ A0: "non ritornare"

$TMU = (6 + 6 + 1 + 1 + 0 + 3 + 0) * 10 = 170 \text{ TMU} = 0,102 \text{ min}$

$\text{Tempo standard} = 0,102 \text{ min} * 1,15 = 0,1173 \text{ min}$

con allowance factor pari al 15%

La sequenza di controllo di un oggetto

■ A B G M X I A

- A → distanza percorsa
- B → Movimento del corpo
- G → Presa oggetto
- M → Movimento controllato
- X → tempo di processamento
- I → allineamento

BasicMOST System

Controlled Move

A B G M X I A

Index x 10	M Move Controlled		X Process Time			I Alignment	Index x 10
	Push/Pull/Turn	Crank	Seconds	Minutes	Hours		
1	< 12 in. (30 cm) Button Switch Knob		.5 Sec.	.01 Min.	.0001 Hr.	1 Point	1
3	> 12 in. (30 cm) Resistance Seat or Unseat High Control 2 Stages ≤ 24 in. (60 cm) Total	1 Rev.	1.5 Sec.	.02 Min.	.0004 Hr.	2 Points ≤ 4 in. (10 cm)	3
6	2 Stages > 24 in. (60 cm) Total 1 – 2 Steps	2 – 3 Rev.	2.5 Sec.	.04 Min.	.0007 Hr.	2 Points > 4 in. (10 cm)	6
10	3 – 4 Stages 3 – 5 Steps	4 – 6 Rev.	4.5 Sec.	.07 Min.	.0012 Hr.		10
16	6 – 9 Steps	7 – 11 Rev.	7.0 Sec.	.11 Min.	.0019 Hr.	Precision	16

Figure 3.10 Controlled Move data card.

Process Time			
<i>Index Value</i>	<i>Seconds</i>	<i>Minutes</i>	<i>Hours</i>
X_{24}	9.5	.16	.0027
X_{32}	13.0	.21	.0036
X_{42}	17.0	.28	.0047
X_{54}	21.5	.36	.0060
X_{67}	26.0	.44	.0073
X_{81}	31.5	.52	.0088
X_{96}	37.0	.62	.0104
X_{113}	43.5	.72	.0121
X_{131}	50.5	.84	.0141
X_{152}	58.0	.97	.0162
X_{173}	66.0	1.10	.0184
X_{196}	74.5	1.24	.0207
X_{220}	83.5	1.39	.0232
X_{245}	92.5	1.54	.0257
X_{270}	102.0	1.70	.0284
X_{300}	113.0	1.88	.0314
X_{330}	124.0	2.06	.0344

La sequenza di controllo di un oggetto

- Ad esempio l'espressione MOST:
indica l'attività di impostazione di un parametro di controllo
su una macchina (esempio fresatrice)

A1 B0 G1 M1 X10 I0 A0

La sequenza di impiego di strumenti e di un oggetto

■ A B G A B P ... A B P A

- A → distanza percorsa
- B → Movimento del corpo
- G → Presa oggetto
- P → Posizionamento
- ... → F serraggio, L apertura, C Taglio, S Lavorazione superficiale, M misurazione, R registrazione, T pensiero

BasicMOST System Tool Use A B G A B P A B P A

Index x 10	F or L Fasten or Loosen											Index x 10
	Finger Action	Wrist Action				Arm Action					Power Tool	
	Spins	Turns	Strokes	Cranks	Taps	Turns		Strokes	Cranks	Strikes	Screw Diam.	
	Fingers, Screwdriver	Hand, Screwdriver, Ratchet, T-Wrench	Wrench	Wrench, Ratchet	Hand, Hammer	Ratchet	T-Wrench, 2-Hands	Wrench	Wrench, Ratchet	Hammer	Power Wrench	
1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
3	2	1	1	1	3	1	-	1	-	1	1/4 in. (6 mm)	3
6	3	3	2	3	6	2	1	-	1	3	1 in. (25 mm)	6
10	8	5	3	5	10	4	-	2	2	5		10
16	16	9	5	8	16	6	3	3	3	8		16
24	25	13	8	11	23	9	6	4	5	12		24
32	35	17	10	15	30	12	8	6	6	16		32
42	47	23	13	20	39	15	11	8	8	21		42
54	61	29	17	25	50	20	15	10	11	27		54

BasicMOST® System

Tool Use

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

BasicMOST 1: System

Index x 10	C Cut				S Surface Treat			M Measure	R Record		T Think				Index x 10
	Cutoff	Secure	Cut	Slice	Air-Clean	Brush-Clean	Wipe	Measure	Write	Mark	Inspect	Read			
	Pliers		Scissors	Knife	Nozzle	Brush	Cloth	Measuring Tool	Pencil/Pen		Marker	Eyes/ Fingers	Eyes		
	Wire		Cuts	Slices	sq. ft. (0.1 m ²)	sq. ft. (0.1 m ²)	sq. ft. (0.1 m ²)		Digits	Words	Digits	Points	Digits, Single Words	Text of Words	
1		Grip	1	-	-	-	-		1	-	Check Mark	1	1	3	1
3	Soft		2	1	-	-	1/2		2	-	1 Scribe Line	3	3	8 Gauge	3
6	Medium	Twist Form Loop	4	-	1 Spot Cavity	1	-		4	1	2	5 Feel for Heat	6	15 Scale Value Date or Time	6
10	Hard		7	3	-	-	1	Profile Gauge	6	-	3	9 Feel for Defect	12	24 Vernier Scale	10
16		Secure Cotter Pin	11	4	3	2	2	Fixed Scale Caliper ≤ 12 in. (30 cm)	9	2 Signature or Date	5	14		38 Table Value	16
24			15	6	4	3	-	Feeler Gauge	13	3	7	19		54	24
32			20	9	7	5	5	Steel Tape ≤ 6 ft. (2 m) Depth Micrometer	18	4	10	26		72	32
42			27	11	10	7	7	OD-Micrometer ≤ 4 in. (10 cm)	23	5	13	34		94	42
54			33					ID-Micrometer ≤ 4 in. (10 cm)	29	7	16	42		119	54

La sequenza per utilizzo di gru manuali

■ A T K F V L V P T A

- A → distanza percorsa
- T → Carico
- K → presa oggetto
- F → rendere libero l'oggetto
- V → Sollevamento
- L → Movimento carico
- P → Posizionamento

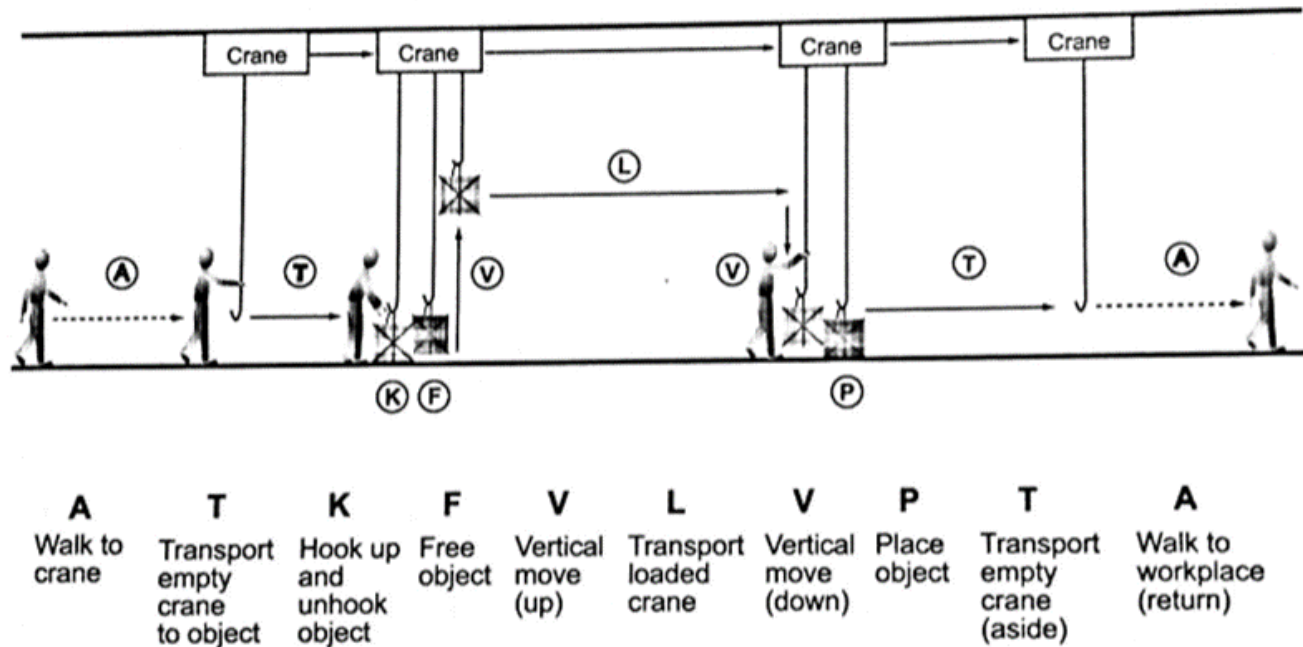


Figure 3.55 Illustration of Manual Crane Sequence Model.

BasicMOST System				Manual Crane		CRANE WALL CHART	
Index x 10	T L		K	F	V	P	Index x 10
	Transportation up to 2 Tons		Hook-up and Unhook	Free Object	Vertical Move	Placement	
	Unloaded	Loaded			Inches (cm)		
	Feet (m)						
3				Without Direction Change	8 (20)	Without Direction Change	3
6				With Single Direction Change	16 (40)	Align with One Hand	6
10	5 (1.5)	5 (1.5)		With Double Direction Change	30 (75)	Align with Two Hands	10
16	13 (4)	12 (3.5)		With One or More Direction Changes, Care in Handling or Apply Pressure	45 (115)	Align and Place with One Adjustment	16
24	20 (6)	18 (5.5)	Single or Double Hook		60 (150)	Align and Place with Several Adjustments	24
32	30 (9)	26 (8)	Sling			Align and Place with Several Adjustments and Apply Pressure	32
42	40 (12)	35 (10)					42
54	50 (15)	45 (13)					54

Figure 3.56 Manual Crane data card. Values are read up to and including. Transportation times for the **T** and **L** parameters must be validated before application of the Manual Crane Sequence Model.

Activity-based (MOST)

TEMPI STANDARD LAVORAZIONI ELETTRICHE

INSERZIONE TAPPO CON ROJONIC WW015

DESCRIZIONE ATTIVITA'	NOTA	CODICE SEQUENZA	TEMPO CICLO SEC.	% MEDIA FATTORE RIPOSO	TOTALE TEMPO TP	TOTALE TEMPO TL
Attivare il sistema informatico e leggere a terminale le istruzioni	*	A1B0G1M3X32I0A0	13.32	8	14.52	
Cliccare sul mouse per visualizzare posizione di inserzione.		A1B0G1M3X3I0A0	2.88			3.11
Identificare il foro illuminato sul connettore		A0B0G0A0B0P0T3A0B0P0A0	1.08			1.17
Spostare i cavi già inseriti per liberare il foro illuminato		A1B0G1A1B0P3A0 (F2)	4.32			4.66
Prendere il piolo e inserirlo nel foro del connettore illuminato da Rojonic		A1B0G1A1B0P3A0	2.16			2.27
Prendere l'intertore posizionarlo sul piolo e inserirlo, togliere e posare l'intertore sul banco		A1B0G1A1B0P6F3A1B0P1A0	5.04			5.44
Prendere il tappo e inserirlo nel foro del connettore illuminato da Rojonic		A1B0G1A1B0P3A0	2.16			2.27
Prendere l'intertore posizionarlo sul tappo e inserirlo, togliere e posare l'intertore sul banco		A1B0G1A1B0P6F3A1B0P1A0	5.04			5.44
Segnalare al sistema mediante mouse dell'operazione eseguita	*	A1B0G1M3X32I0A0	13.32		14.52	
TOTALE TEMPO ASSEGNATO (SEC.) PER ATTIVITA' DI SETUP (TP) COMPRESA % PER FATTORE DI RIPOSO + 5% PER IMPREVISTI					30	
TOTALE TEMPO ASSEGNATO (SEC.) PER ATTIVITA' DI RUN (TL) COMPRESA % PER FATTORE DI RIPOSO + 5% PER IMPREVISTI						26

NOTA : (*) attivita' di setup da dividere per il n° di cavi componenti l'operazione

Vantaggi dei sistemi TSP

- I tempi standard possono essere valutati con precisione (di diverso grado a seconda della famiglia di MTM) prima dell'avvio della produzione
- Si possono paragonare senza metterle in atto più alternative sui cicli di lavoro
- Si riducono in via teorica le possibilità di errore nella registrazione dei tempi e delle prestazioni
- È di più facile applicazione ed è più economico dei sistemi di Time Study Solitamente sono accettati più facilmente dai sindacati

Svantaggi dei sistemi TSP

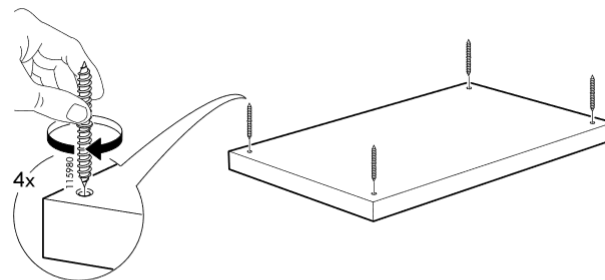
- È praticamente inapplicabile se le attività non sono molto ripetitive
- Nell'applicazione delle famiglie di maggior dettaglio (es. MTM 1) può risultare molto difficile il frazionamento del lavoro in micro-operazioni
- I parametri scelti per la determinazione dei tempi potrebbero non adattarsi a qualsiasi situazione lavorativa
- I fattori che potrebbero introdurre una variabilità nei tempi di esecuzione sono potenzialmente illimitati, pertanto non tutti sono compresi nelle tabelle (es. MTM 1 non considera la forma dei pezzi da movimentare)

Esercizio

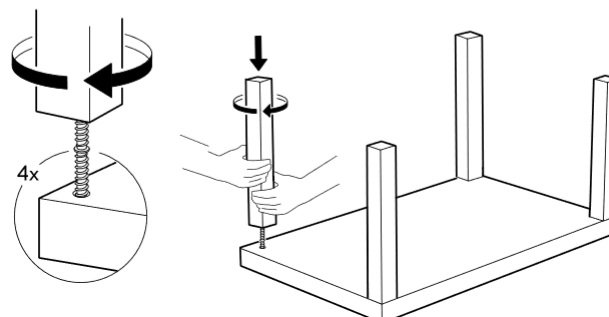
- A B G A B P A
- A B G M X I A
- A B G A B P ... A B P A

- A → distanza percorsa
- B → Movimento del corpo
- G → Presa oggetto
- P → Posizionamento
- ... → F serraggio, L apertura, C Taglio, S Lavorazione superficiale, M misurazione, R registrazione, T pensiero
- i → allineamento
- X → tempo per operazione
- M → Movimento controllato

1



2





Curva di apprendimento

Definizione

La **curva di apprendimento** (o curva di progresso o *learning curve*) è uno strumento usato per progettare (o riorganizzare) sistemi di produzione in considerazione di variazioni che intervengono nel tempo a seguito del fenomeno dell'apprendimento.

**‘L’efficienza produttiva di ogni
attività aumenta continuamente
al ripetersi di tale attività’**

Concetto che, tradotto in modelli matematici adeguati, consente di poter prevedere con una ragionevole precisione la variazione nel tempo di grandezze dipendenti dall'apprendimento (e dal progresso) quali il costo unitario del prodotto, il tempo necessario per costruirlo, le ore di manutenzione necessarie, ecc.

Apprendimento

L'apprendimento è somma di:

- Fattori discreti: provocano una variazione praticamente istantanea e facilmente avvertibile della grandezza osservata
 - Invenzioni
 - Scoperte
 - applicazioni., diffuse e in tempi brevi, di tecnologie innovative

- Miglioramenti continui: eventi non avvertibili, se l'osservazione è superficiale, riconducibili alle aree
 - progettuale
 - tecnologico/tecnica
 - organizzativo/gestionale



Miglioramenti continui

■ Area progettuale

- ☐ documentazione sullo stato dell'arte
- ☐ disegno del prodotto
- ☐ migliore definizione dei metodi operativi

■ Area tecnologica/tecnica

- ☐ automazione
- ☐ Applicazione di tecnologie alternative
- ☐ Ottimizzazione delle procedure
- ☐ Scelte più opportune di utensili e strumenti

■ Area organizzativo gestionale

- ☐ Organizzazione dei reparti
- ☐ livello di addestramento
- ☐ Controllo della produzione
- ☐ Impiego della manodopera
- ☐ Impiego dei materiali
- ☐ Impiego dell'energia

Miglioramenti continui

Per poter migliorare continuamente occorre comunque creare nell'azienda condizioni ideali. L'apprendimento infatti dipende da:

- **Attitudine/capacità di imparare**
 - ☐ Adattabilità fisica
 - ☐ Grado culturale
 - ☐ Motivazione
- **Caratteristiche del lavoro da svolgere**
 - ☐ complessità
 - ☐ Lunghezza dei tempi di ciclo
- **Condizioni al contorno**
 - ☐ Motivazioni esterne
 - ☐ Cambiamenti di situazioni
 - ☐ Condizioni legate al lavoro

Modello 'classico' di Wright (1936)

$$y = a * x^{-b}$$

Dove:

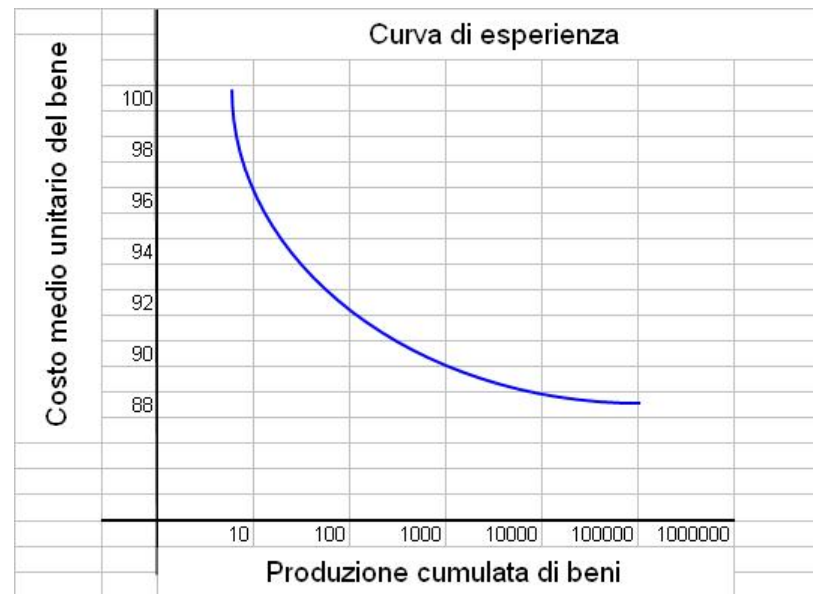
y = misura della produttività (p.e.: tempo di ciclo unitario, costo unitario, peso unitario)

a = parametro legato alla misura della produttività ovvero produttività all'istante iniziale (p.e.: primo pezzo)

x = volume cumulato di produzione

b = tasso di apprendimento ovvero pendenza della produttività marginale

Modello 'classico' di Wright



Modello 'classico' di Wright

- Il parametro b rappresenta di quanto varia percentualmente la produttività a ogni variazione percentuale del volume di produzione

$$\frac{\frac{dy}{y}}{\frac{dx}{x}} = -b$$

- Ovvero, qual è il rapporto tra le produttività passando da un volume cumulato di produzione a un suo multiplo

$$\frac{y_k}{y_i} = n^{-b}$$

- Nel caso particolare di $n = 2$ si ha un incremento di produttività corrispondente a b al raddoppio del volume cumulato di produzione

Modello 'classico' di Wright

- La variazione di produttività è normalmente espressa in termini percentuali cui corrisponde evidentemente un preciso valore numerico del parametro **b**

Variazione di produttività (%)	Pendenza della curva (b)
55	0,8292
60	0,7372
70	0,514
80	0,322
90	0,152
95	0,074



Modello 'classico' di Wright

- Determinazione dei valori dei parametri a e b
 - Cochran
 - Williams
 - Baloff
 - Westinghouse

Modello 'classico' di Wright

- Determinazione dei valori dei parametri **a** e **b**
- Metodo di Cochran:
 - a. Determinare il valore della produttività a regime (p.e.: produttività standard dopo n produzioni)
 - b. Stimare le percentuali di miglioramento di ciascuna delle attività nelle quali è ripartita la produzione
 - c. Attribuire un peso a ciascuna attività per arrivare a un tasso di miglioramento **b** medio ponderale
 - d. Partendo dalla produttività di regime ed avendo così stimato il tasso di miglioramento, determinare la produttività iniziale **a**.

Modello 'classico' di Wright

- Determinazione dei valori dei parametri **a** e **b**
- Metodo di Williams:
 - a. Esame di curve per produzioni analoghe e confermate nella pratica
 - b. Si considera la curva ritenuta più adatta tra le esaminate assumendo il suo tasso di miglioramento **b**
 - c. Si misura la produttività della seconda produzione ne si calcola la produttività iniziale **a**

Modello 'classico' di Wright

- Metodo di Baloff:
- Si considera una correlazione tra tasso di miglioramento **b** e produttività **y**
- Metodo di Westinghouse:
 - a. Come Williams, assume una curva caratteristica per determinare il tasso di miglioramento **b** e produttività **y**
 - b. Come Cochran, stima la produttività a regime e il quantitativo di produzioni per raggiungerla per determinare la produttività iniziale **a**

Determinazione dei valori dei parametri **a** e **b**

- Incrementandosi la cumulata di produzione, a seguito di tassi di apprendimento relativi alle varie operazioni, si potrebbero generare **sbilanciamenti** tra le postazioni della linea. Per ovviare a questo inconveniente e ribilanciare le linee si può prendere spunto da quanto suggerito da Dar-El e Rubinovitz

Determinazione dei valori dei parametri **a** e **b**

■ Metodo di Dar-El e Rubinovitz

- a. Attraverso criteri abbastanza semplici, le operazioni si distinguono in due categorie
 - I. Fasi caratterizzate maggiormente da apprendimento intellettuale. Queste fasi si distinguono ulteriormente tra fasi ad alto e basso apprendimento intellettuale, rispettivamente con tassi di miglioramento **b** compresi tra 70% e 75% e tassi compresi tra 75% e 80%
 - II. Fasi caratterizzate maggiormente da acquisizione di abilità manuale. Queste fasi si distinguono ulteriormente tra fasi ad alta e bassa acquisizione di abilità manuale, rispettivamente con tassi di miglioramento **b** compresi tra 80% e 85% e tassi compresi tra 85% e 90%
- b. Si determina la curva ponderata da utilizzare
- c. Per mezzo di un algoritmo che tiene conto delle diverse regressioni, si perviene alla ridefinizione delle linee di produzione in funzione del crescere della cumulata delle produzioni

Determinazione dei valori dei parametri **a** e **b**

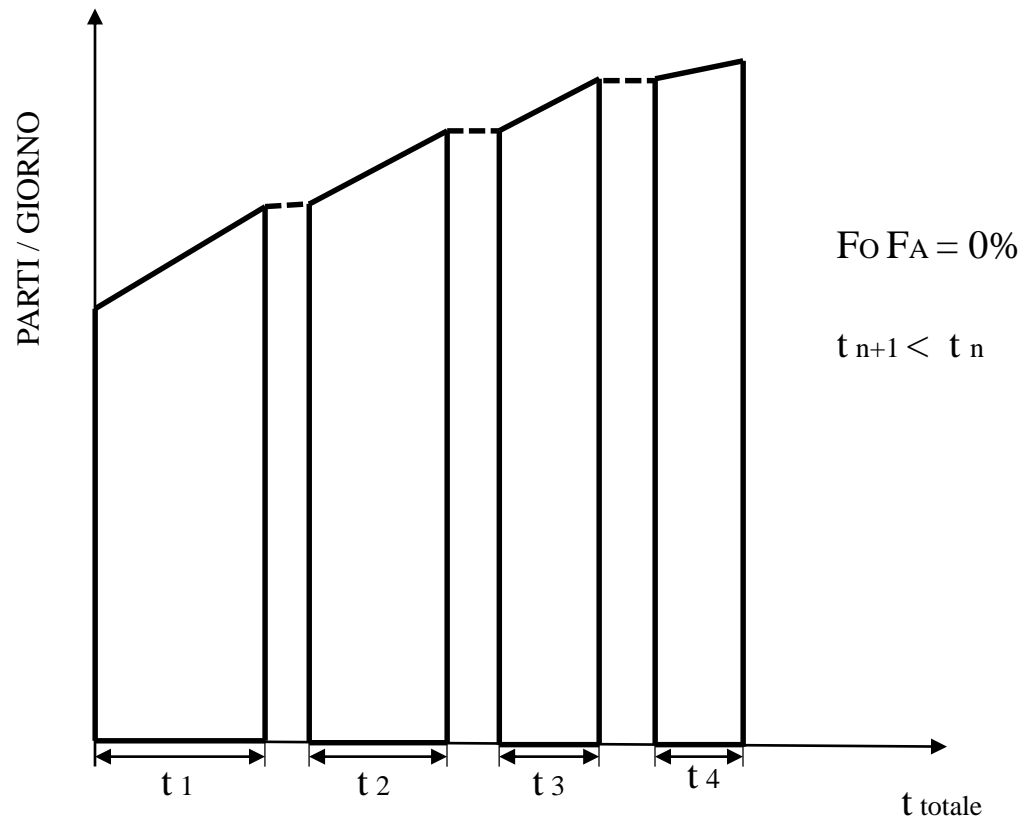
- Per tenere conto del fatto che la produzione può essere sospesa per un certo periodo di tempo e poi ripresa, tipico della produzione a lotti, occorre considerare la possibilità di dimenticare, il '***forgetting factor***'. In termini generali il *forgetting factor* dipende principalmente dall'intervallo di tempo intercorrente tra la produzione di un lotto e del successivo e dalla complessità delle operazioni.
- Towill ha esemplificato che cosa può accadere al variare del *forgetting factor*.

Determinazione dei valori dei parametri **a** e **b**

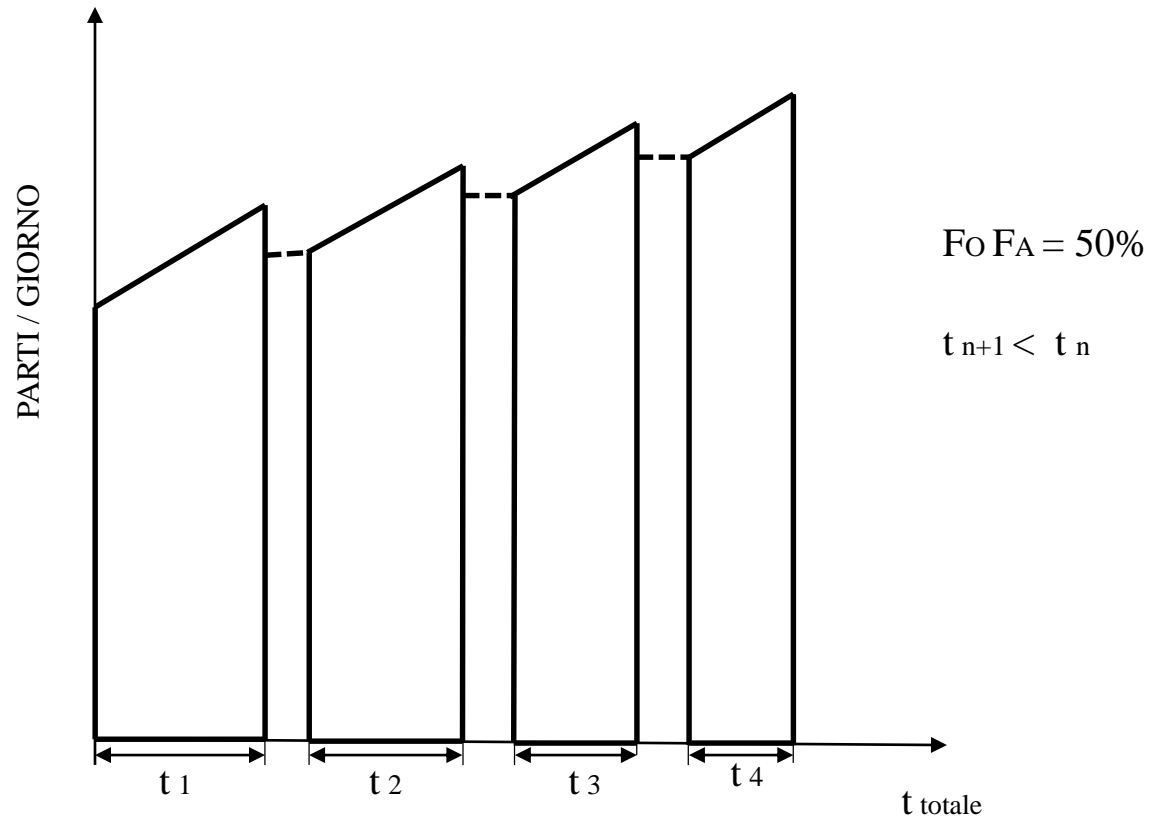
■ Analisi di Towill

- a. Si considera un quantitativo determinato di parti identiche da produrre in n lotti di pari dimensioni intervallati da periodi tempi uguali
- b. Si fa variare la dimensione dei lotti
- c. Si fa variare il valore del *forgetting factor* espresso in termini percentuali
- d. Si analizza il risultato in funzione del tempo complessivo necessario per la produzione di tutto il quantitativo ipotizzato.

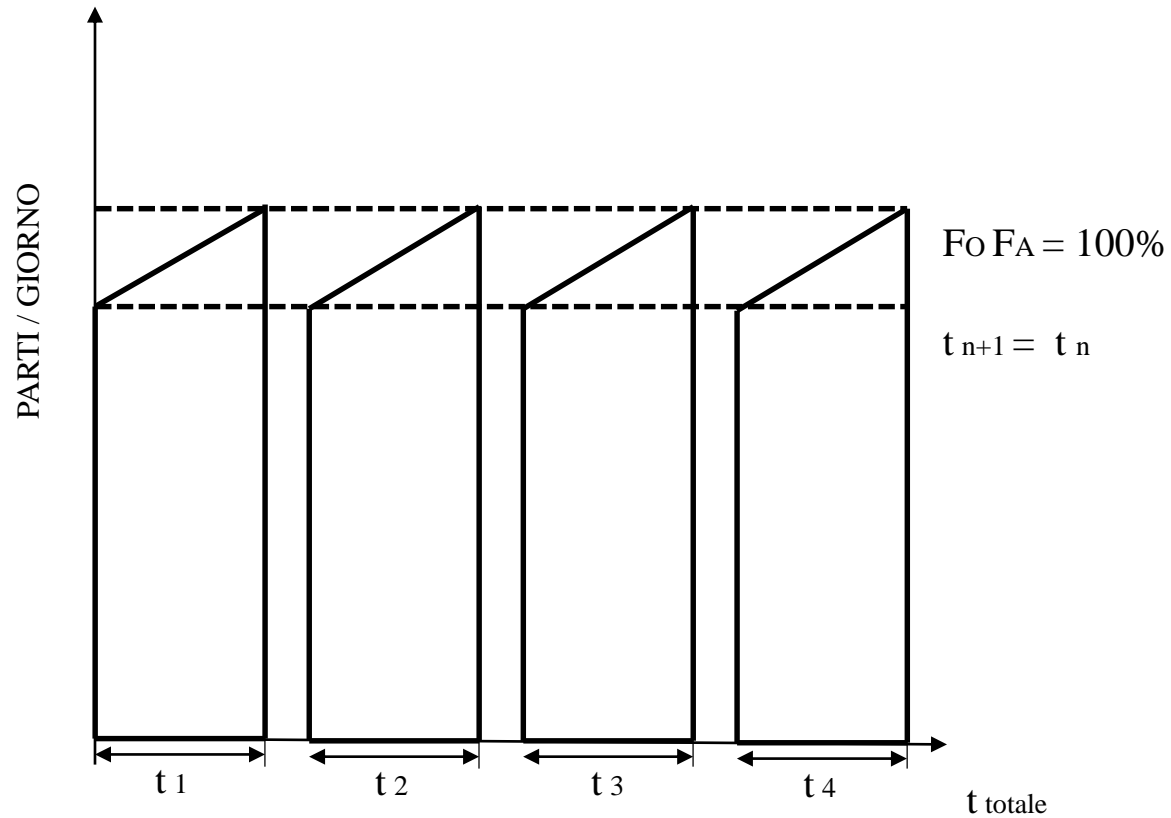
Analisi di Towill



Analisi di Towill



Analisi di Towill



Altri modelli



■ Curve a S

■ La curva a S canonica prevede:

- una prima fase ad apprendimento lento
- una seconda fase ad apprendimento rapido
- una terza fase ad apprendimento lento tendente a un asintoto

■ Le varianti al modello canonico sono le:

- curve a S a più stadi
- curve a S asimmetriche

Altri modelli

- Modello di Crawford

$$y = a * k^{-b}$$

- Dove:
- **y** = misura della produttività media per un lotto di osservazioni (p.e.: tempo di ciclo unitario, costo unitario, peso unitario)
- **a** = parametro legato alla misura della produttività ovvero produttività all'istante iniziale (p.e.: primo pezzo)
- **k** = considerato un lotto di osservazioni, valore di produttività riferito al punto centrale del lotto
- **b** = tasso di apprendimento ovvero pendenza della produttività marginale