

**AIIC** 2024  
ROMA

**SVILUPPO DI UN NUOVO  
ALGORITMO PER IL CALCOLO DI  
UN INDICE DI PRIORITÀ DI  
SOSTITUZIONE (IPS) DELLE  
TECNOLOGIE IN UNA STRUTTURA  
SANITARIA: APPLICAZIONE AL  
PARCO TECNOLOGICO DEL  
POLICLINICO DI TOR VERGATA**

Dott. Ing. Paolo Abundo  
Dirigente Ingegnere Biomedico  
Responsabile Servizio Ingegneria Medica  
Fondazione Policlinico Tor Vergata, Roma

HEALTH  
CARE

**AIIC**  
associazione  
italiana  
ingegneri clinici

## IL GRUPPO DI LAVORO

### **Dott. Ing. Paolo Abundo**

*Dirigente Ingegnere Biomedico*

*Responsabile Servizio Ingegneria Medica*

*Fondazione Policlinico Tor Vergata, Roma*



### **Dott. Ing. Simone Gigli**

*Ingegnere Biomedico*

*S.C. Ingegneria Clinica ASST Sette Laghi, Varese*



### **Dott. Ing. Leonardo Med**

*Ingegnere Biomedico*

*Servizio Ingegneria Medica*

*Fondazione Policlinico Tor Vergata, Roma*

## OBIETTIVO E DESTINATARI DEL LAVORO

Sviluppo di un **Indice di Priorità di Sostituzione (IPS) CONCRETAMENTE UTILIZZABILE** realizzato sulle esigenze del Policlinico Tor Vergata, progettato integrando la **letteratura scientifica** con il **quadro normativo** e l'**esperienza** delle figure professionali del PTV.

Indice puramente tecnico in grado di **predire** il momento in cui è necessaria la **sostituzione** di una tecnologia elettromedicale, così da mantenere elevati livelli di **qualità, sicurezza ed efficienza** del servizio sanitario, nel rispetto della necessità di **sostenibilità** economica.



*Ingegneria Clinica*  
*Direzione Sanitaria*

...

***Direzione Strategica***



## PREMESSA

**Case study: Sviluppo di un algoritmo applicativo**, relativo all'ambito della pianificazione degli investimenti per la gestione di un prospetto dell'urgenza di manutenzione, dismissione e rinnovo delle apparecchiature del parco macchine del PTV, nell'ottica della **sostenibilità e gestione intelligente delle risorse**



# INDICE DI PRIORITA' E SOSTITUZIONE E CONCRETA APPLICABILITA'

L'Indice di Priorità di Sostituzione (IPS), come strumento per evidenziare le esigenze manutentive e di rinnovo, mediante l'utilizzo di opportuni **parametri**.

**Applicabile in un contesto di Ingegneria Clinica** grazie alla tracciabilità dei dati su **sistemi informatizzati** di gestione di un parco macchine.

**ATTENZIONE:** In letteratura i modelli di IPS sono applicati a campioni ristretti di dati, non risultano facilmente applicabili e non tengono conto delle ultime novità normative (nuovo codice degli appalti).



Fennigkoh

Faisall

Saaty

Nobre

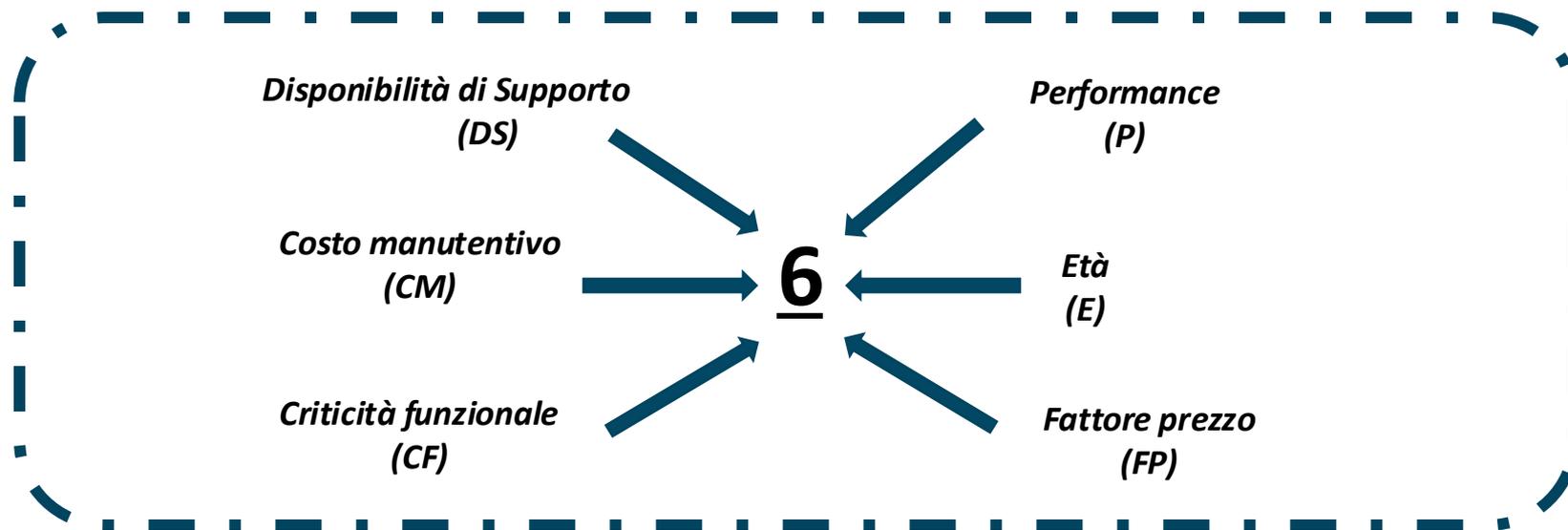
Taghipour

Jardine

Capuano

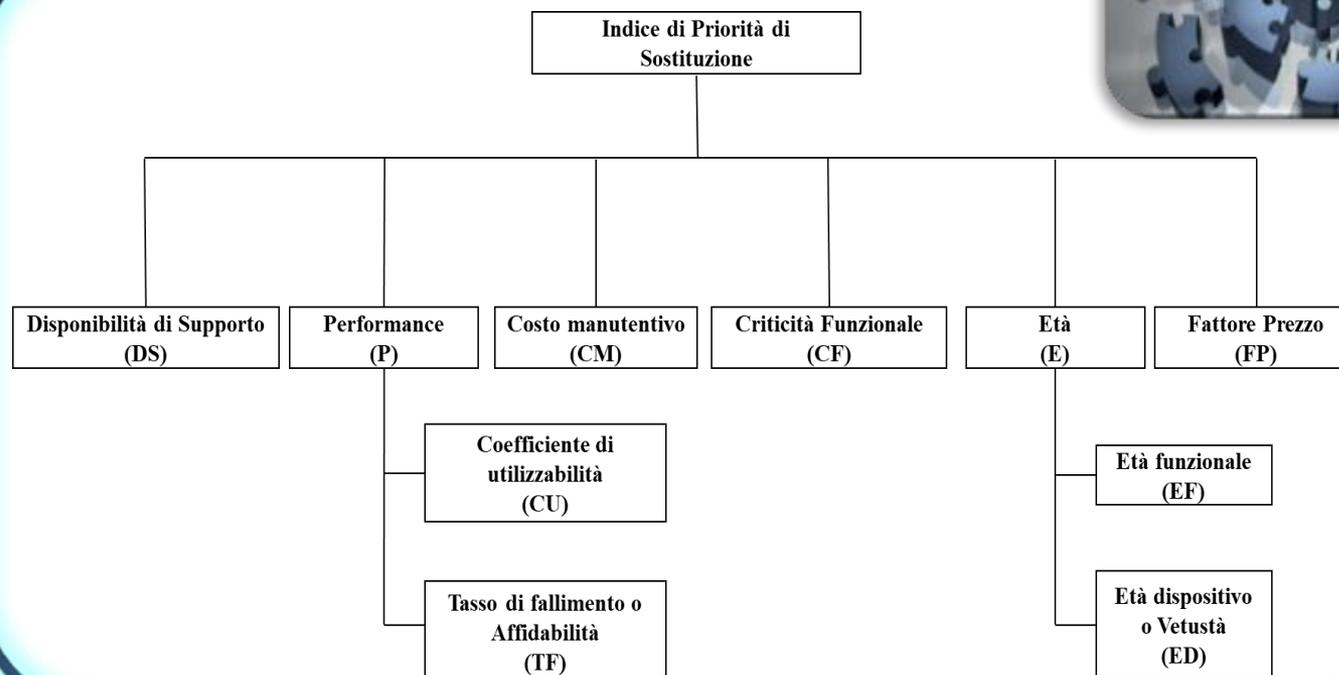
## I PARAMETRI DEL NUOVO IPS

I **parametri** che caratterizzano l'IPS sviluppato sono in **totale 6**, di cui 2 criteri (*Età e Performance*) sono stati suddivisi in **2 sotto-parametri**



**NB:** I 6 parametri che rappresentano i criteri di valutazione sono in parte **ricavati dalla letteratura** (ma con modifiche di contesto specifico) e in parte completamente **inediti**

# LA STRUTTURA GERARCHICA DELL'IPS



# 1° FASE DEL LAVORO – VALORIZZAZIONE DEI CRITERI E SOTTOCRITERI [...]

Critero "i-esimo"	Critero	Sotto-criterio "j-esimo"	Sotto-Criterio	Formula	Rif. Bibliografici	Condizione
1	Disponibilità di Supporto (DS)	-	-	DS = dipende dal EOL	M. Faisall e modifiche secondo applicabilità clinica	EOL si EOL no
2	Performance (P)	1	Coefficiente di utilizzabilità (CU)	CU = tempo di UPTIME/tempo fermo macchina = $1 - (2 * td / to)$ dove td: tempo down-time to: tempo uptime	M. Faisall	CU < 50%
						$50\% \leq CU < 70\%$
		2	Tasso di fallimento o Affidabilità (TF)	TF = Numero di MC totali / età in anni del dispositivo	M. Faisall e Rajasekaran	$70\% \leq CU < 90\%$
						CU $\geq 90\%$
3	Criticità Funzionale (CF)	-	-	CF = Indica la classe di rischio del DM sia per il paziente e/o operatore, che per l'impatto economico in caso di malfunzionamento	M. Faisall e modifiche secondo applicabilità clinica	Di supporto alla vita / rianimazione / dispositivi CF
						Terapeutico / Sterilizzazione e Disinfezione
						Farmaci non salvavita / SIMT
						Diagnostico
						Laboratorio
						Altre

Critero "i-esimo"	Critero	Sotto-criterio "j-esimo"	Sotto-Criterio	Formula	Rif. Bibliografici	Condizione
4	Età (E)	1	Età dispositivo o Vetustà (ED)	ED = data attuale - data collaudo	Capuano	ED > 20
						15 < ED < 20
						10 < ED < 15
						5 < ED < 10
		2	Età funzionale (EF)	EF: confronto con Età media ( $\mu$ ) della specifica tipologia di apparecchiatura con ED. $\mu = \Sigma \text{Età} / \text{n. totale dispositivi stessa tipologia di classe}$	V. Coppola con regola dello scarto quadratico medio	ED $\leq$ 5
						ED > $\mu + \sigma$ $\mu - \sigma \leq \text{ED} \leq \mu + \sigma$ ED < $\mu - \sigma$
5	Costo manutentivo (CM)	-	-	CM = Il costo di manutenzione è il valore del costo totale di manutenzione e riparazione per ciascun dispositivo rispetto al costo di acquisto. I costi di manutenzione degli ultimi tre anni non devono superare il 25% del costo di acquisto di un dispositivo	T. Clark e M. Faisal	CM $\geq$ 25%
						10% < CM < 25%
						CM < 10%
6	Fattore Prezzo (FP)	-	-	FP = Dispositivi con un valore capitale più elevato dovrebbero essere segnalati prima per i lunghi tempi di approvvigionamento e complessità della procedura di acquisto	Capuano e nuovo codice degli appalti D. Lgs. 36/23	Valore capitale $\geq$ € 215.000
						Valore capitale $\geq$ € 140.000
						Valore capitale $\geq$ € 40.000
						Valore capitale $\geq$ € 25.000
						Valore capitale > € 10.000
						Valore capitale < € 10.000

# 2° FASE DEL PROGETTO - VALORIZZAZIONE DEI PESI E FORMULAZIONE DELL'ALGORITMO

MATRICE DEI GIUDIZI DI GRUPPO						
Aij	Disponibilità di supporto (DS)	Età (E)	Performance (P)	Criticità Funzionale (CF)	Costo manutentivo (CM)	Fattore prezzo (FP)
Disponibilità di supporto (DS)	$a_{11}$	$1/a_{21}$	$1/a_{31}$	$1/a_{41}$	$1/a_{51}$	$1/a_{61}$
Età (E)	$a_{21}$	$a_{22}$	$1/a_{31}$	$1/a_{42}$	$1/a_{52}$	$1/a_{62}$
Performance (P)	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$	$1/a_{43}$	$1/a_{53}$	$1/a_{63}$
Criticità Funzionale (CF)	$a_{41}$	$a_{42}$	$a_{43}$	$a_{44}$	$1/a_{54}$	$1/a_{64}$
Costo manutentivo (CM)	$a_{51}$	$a_{52}$	$a_{53}$	$a_{54}$	$a_{55}$	$1/a_{64}$
Fattore prezzo (FP)	$a_{61}$	$a_{62}$	$a_{63}$	$a_{64}$	$a_{65}$	$a_{66}$

## N.5 Gruppi

- ❖ Servizio di Ingegneria Medica
- ❖ Global Service
- ❖ Esperti nel settore degli acquisti
- ❖ Direzione Sanitaria
- ❖ Operations Management

Valore numerico	Giudizio verbale ( $a_i, a_j$ )	Interpretazione
1	$a_i$ e $a_j$ sono ugualmente importanti	I due oggetti sono ugualmente importanti rispetto al nodo genitore.
3	$a_i$ è moderatamente più importante di $a_j$	L'esperienza e i giudizi del decisore orientano la sua valutazione leggermente a favore di $a_i$ .
5	$a_i$ è fortemente più importante di $a_j$	L'esperienza e i giudizi del decisore orientano la sua valutazione fortemente a favore di $a_i$ .
7	$a_i$ è evidentemente più importante di $a_j$	L'esperienza e i giudizi del decisore orientano la sua valutazione fortemente a favore di $a_i$ e tale valutazione è dimostrata nella pratica.
9	$a_i$ è estremamente più importante di $a_j$	La dominanza di $a_i$ su $a_j$ è dimostrata ed è la più alta possibile.
2-4-6-8	Giudizi intermedi	Sono assegnati come misure di compromesso.

# 2° FASE DEL PROGETTO - VALORIZZAZIONE DEI PESI E FORMULAZIONE DELL'ALGORITMO

MATRICE DEI GIUDIZI DI GRUPPO						
Aij	Disponibilità di supporto (DS)	Età (E)	Performance (P)	Criticità Funzionale (CF)	Costo manutentivo (CM)	Fattore prezzo (FP)
Disponibilità di supporto (DS)	$a_{11}$	$1/a_{21}$	$1/a_{31}$	$1/a_{41}$	$1/a_{51}$	$1/a_{61}$
Età (E)	$a_{21}$	$a_{22}$	$1/a_{31}$	$1/a_{42}$	$1/a_{52}$	$1/a_{62}$
Performance (P)	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$	$1/a_{43}$	$1/a_{53}$	$1/a_{63}$
Criticità Funzionale (CF)	$a_{41}$	$a_{42}$	$a_{43}$	$a_{44}$	$1/a_{54}$	$1/a_{64}$
Costo manutentivo (CM)	$a_{51}$	$a_{52}$	$a_{53}$	$a_{54}$	$a_{55}$	$1/a_{54}$
Fattore prezzo (FP)	$a_{61}$	$a_{62}$	$a_{63}$	$a_{64}$	$a_{65}$	$a_{66}$

The Analytic Hierarchy Process

Metodo del **Confronto a coppie**

5 Matrici di Gruppo

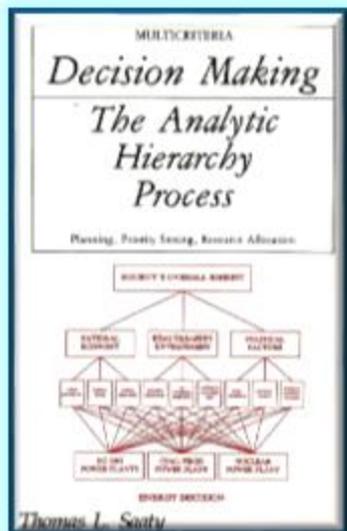
Matrice di Giudizio Collettiva

Autovettore della Matrice

*Vettore delle  
priorità per i  
criteri  $\vec{W}$*



# 2° FASE DEL PROGETTO - VALORIZZAZIONE DEI PESI E FORMULAZIONE DELL'ALGORITMO



**MATRICE DEI GIUDIZI DI GRUPPO**

Nuovi Criteri	Disponibilità di supporto (DS)	Età (E)	Performance (P)	Criticità Funzionale (CF)	Costo manutentivo (CM)	Fattore prezzo (FP)
Disponibilità di supporto (DS)	1,0000					
Età (E)		1,0000				
Performance (P)			1,0000			
Criticità Funzionale (CF)				1,0000		
Costo manutentivo (CM)					1,0000	
Fattore prezzo (FP)						1,0000

Età (E)	Età dispositivo o Vetustà (ED)	Età funzionale (EF)
Età dispositivo o Vetustà (ED)	1	
Età funzionale (EF)		1

Performance (P)	Coefficiente di utilizzabilità (CU)	Tasso di fallimento o Affidabilità (IF)
Coefficiente di utilizzabilità (CU)	1	
Tasso di fallimento o Affidabilità (IF)		1

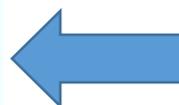
Sottocriteri	
CU	0,66
TF	0,34
ED	0,8
EF	0,2

Pesi criteri	
	0,4576
	0,2404
	0,1665
	0,0774
	0,0407
	0,0174



$$IPS_{TECNICO} = \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^m S_j \cdot w_j \right) \cdot W_i$$



$$IPS_{norm} = \frac{IPS - IPS_{min}}{IPS_{max} - IPS_{min}} \cdot 100\%$$

## *Fasce di criticità dell'IPS*

80



Apparecchiatura critica, sostituzione consigliata  
il prima possibile



40



Apparecchiatura meno critica, la cui sostituzione non è  
prioritaria e che prevede una rivalutazione annuale



40

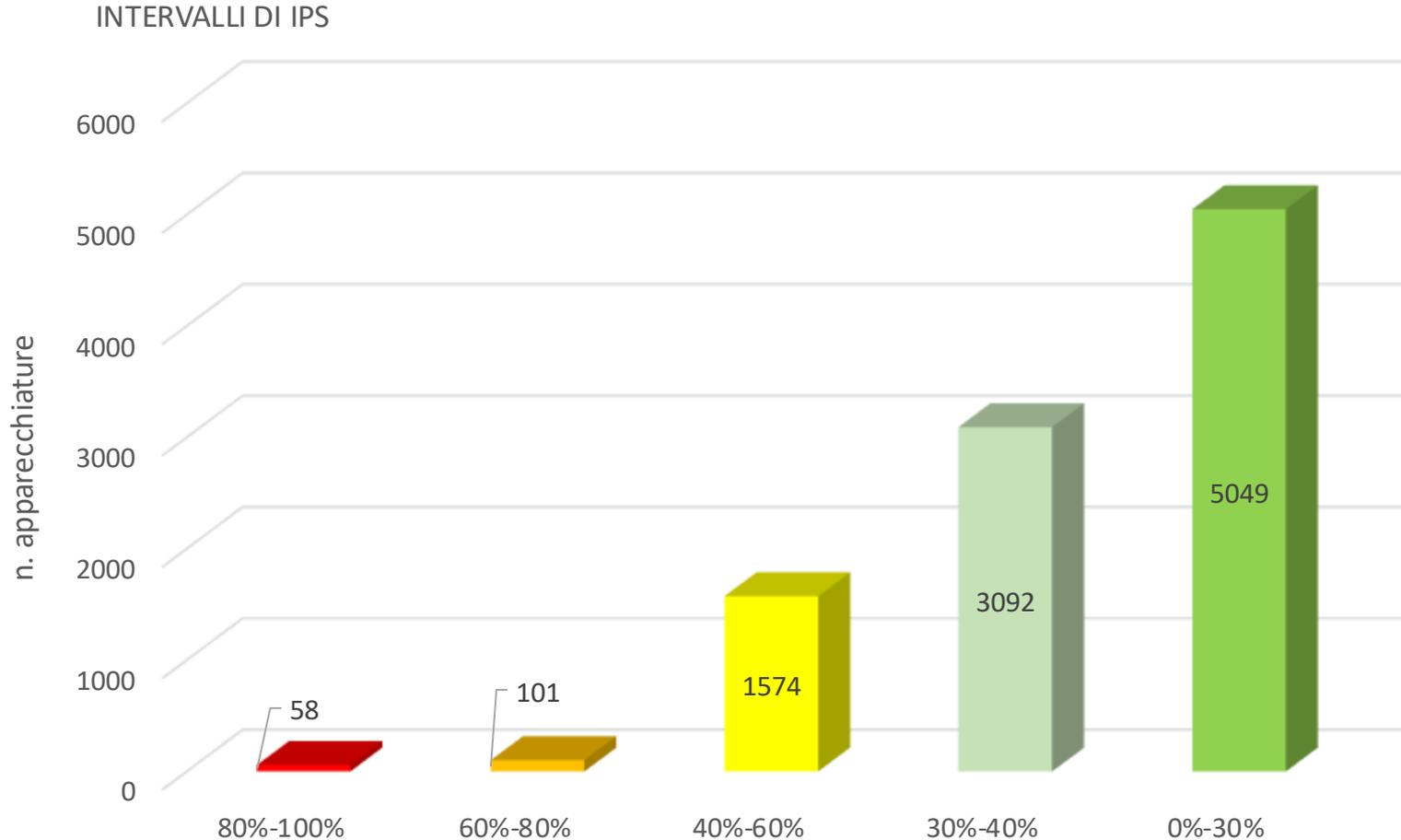


Apparecchiatura non critica per la quale la rivalutazione  
può essere anche dopo due anni



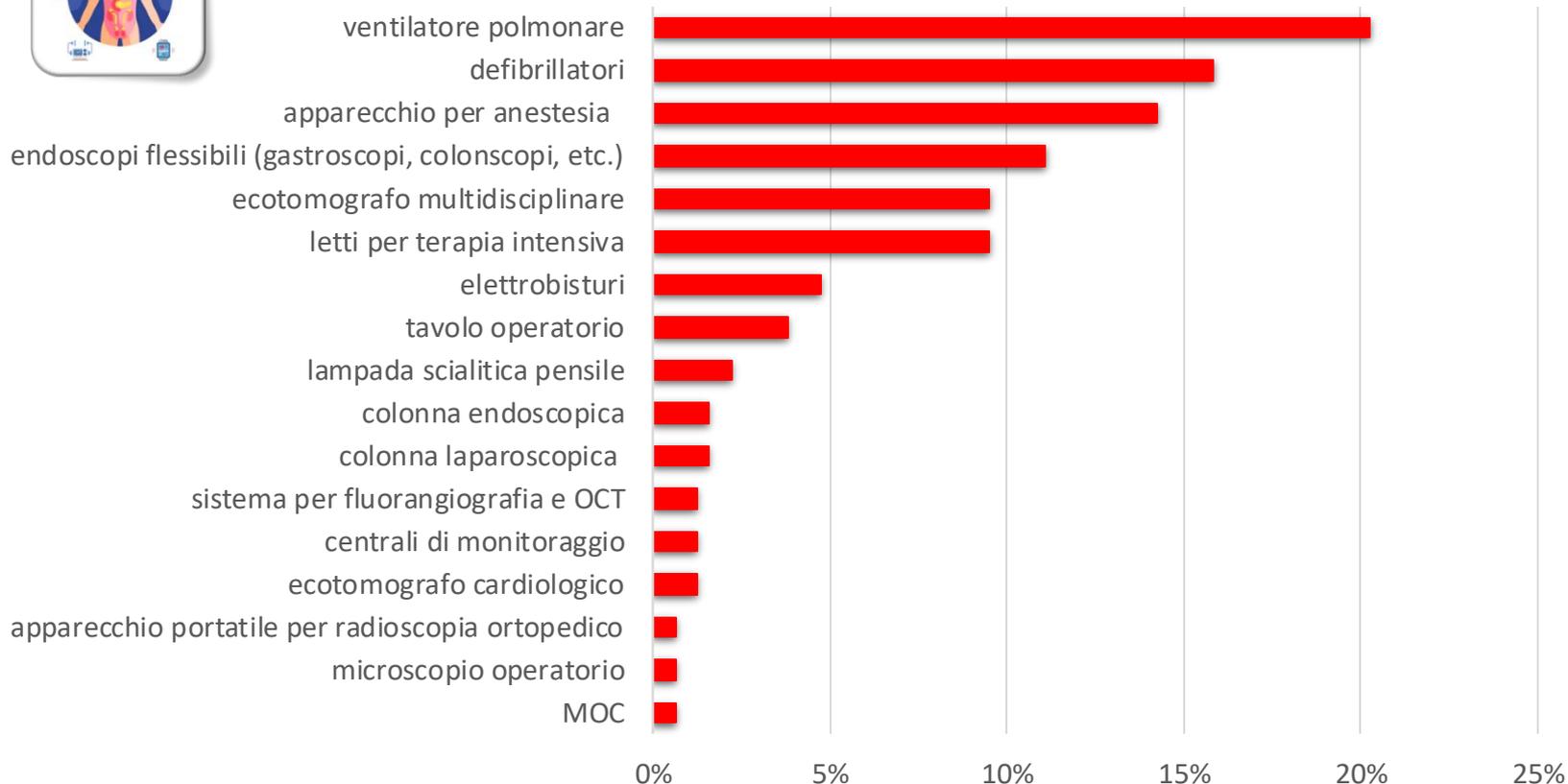
# APPLICAZIONE DELL'IPS AL PTV

## Distribuzione dell'IPS nel parco tecnologico





## Apparecchiature con IPS di FASCIA CRITICA



La Fondazione Policlinico Tor Vergata si è posta come obiettivo quello di implementare **un Indice di Priorità di Sostituzione (IPS) originale** rispetto agli altri, in quanto **ideato per essere concretamente applicabile** nella gestione quotidiana ospedaliera.

I risultati ottenuti applicando la **versione “alpha”** al parco macchine PTV, ha dato **risultati molto soddisfacenti in termini di reale affidabilità predittiva**.

In quest’ottica ci si aspetta che **l’applicazione** di tale algoritmo possa **garantire un chiaro prospetto dell’urgenza** di manutenzione, dismissione e rinnovo delle tecnologie elettromedicali e quindi **garantire sempre di più una gestione sicura, efficace, efficiente e sostenibile** dei parchi tecnologici per il **bene dei pazienti e cittadini**.



**AIIC** 2024  
ROMA

# Grazie per l'attenzione

**SVILUPPO DI UN NUOVO ALGORITMO PER IL  
CALCOLO DI UN INDICE DI PRIORITÀ DI  
SOSTITUZIONE (IPS) DELLE TECNOLOGIE IN UNA  
STRUTTURA SANITARIA: APPLICAZIONE AL PARCO  
TECNOLOGICO DEL POLICLINICO DI TOR VERGATA**

Dott. Ing. Paolo Abundo  
Dirigente Ingegnere Biomedico  
Responsabile Servizio Ingegneria Medica  
Fondazione Policlinico Tor Vergata, Roma

HEALTH  
CARE

**AIIC**  
associazione  
italiana  
ingegneri clinici

# 1° FASE DEL LAVORO – VALORIZZAZIONE DEI CRITERI E SOTTOCRITERI

Criterio "j-esimo"	Criterio	Peso "Wj-esimo"	Sottocriterio "j-esimo"	Sottocriterio	Peso "wj-esimo"	Formula	Rif. Bibliografici	Condizione	Punti							
1	Disponibilità di Supporto (DS)	0,4576				DS = dipende dal EOL	M. Faisal e modifiche secondo applicabilità clinica	EOL si	1							
								EOL no	0							
2	Performance (P)	0,2402	1	Coefficiente di utilizzazione (CU)	0,66	CU = tempo di UPTIME/tempo fermo macchina = $1 - (2 * td/to)$ dove td: tempo down-time to: tempo uptime	M. Faisal	CU < 50%	1							
								$50\% \leq CU < 70\%$	0,4244							
								$70\% \leq CU < 90\%$	0,2182							
								CU ≥ 90%	0,063							
								2	Tasso di fallimento o Affidabilità (TF)	0,34			TF = Numero di MC totali / età in anni del dispositivo	M. Faisal e Rajasekaran	TF > 2	1
															$1,5 \leq TF \leq 2$	0,4521
															$1 \leq TF \leq 1,5$	0,174
							0 ≤ TF ≤ 1	0,063								
					CF = Indica la classe di rischio del		Di supporto alla vita / rianimazione /	1								

# APPLICAZIONE DELL'IPS AL PTV

## DISTRIBUZIONE DELL'IPS NEL PARCO TECNOLOGICO

INTERVALLI DI IPS

