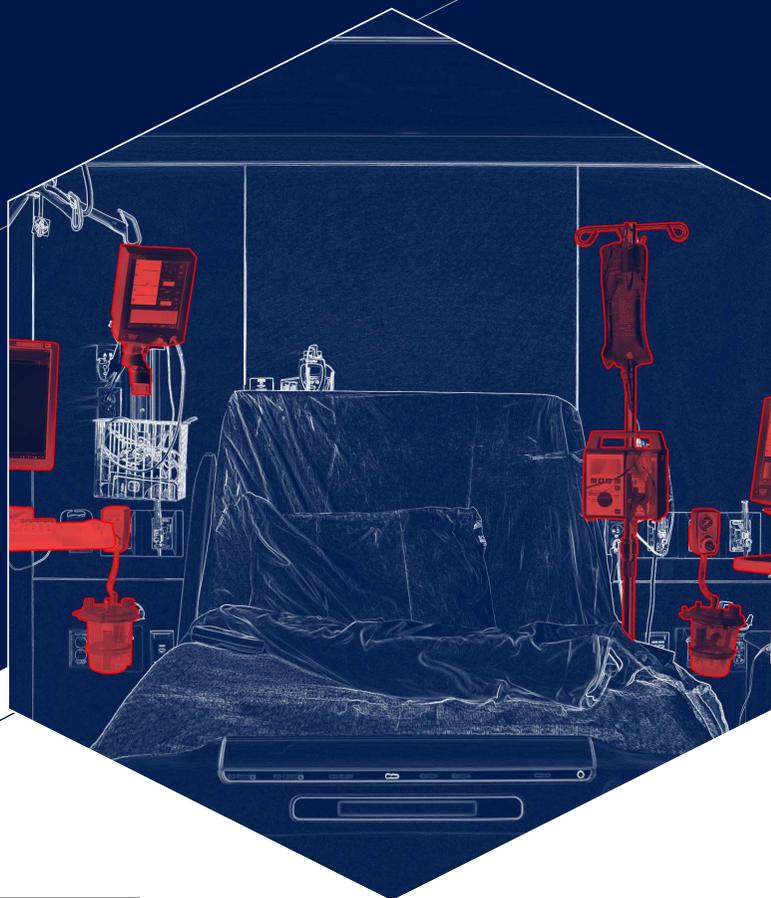


Convegno “La sicurezza informatica dei Dispositivi Medici”
Trieste, 25 Novembre 2019



ANALISI MULTICRITERIO PER IL CALCOLO
DI UN INDICE DI VALUTAZIONE DEL
RISCHIO PER I DM COLLEGATI ALLA RETE



Obiettivo del Lavoro

- Calcolo di un Indice per la Valutazione dei Rischi (IVR) mediante l'utilizzo del metodo compensatorio AHP
- Verifica della bontà del metodo in sé e attraverso il confronto con l'IVR calcolato mediante alcuni metodi statistici

Nuovi DM e collegamento alla rete

- Maggiore rilievo, in ambito sanitario, del rischio legato all'uso di tecnologie biomediche e dispositivi medici (DM) ai fini di diagnosi, terapia e riabilitazione
- Per le prime generazioni, sprovviste di interfacce di rete, le responsabilità associate alla progettazione, produzione e funzionamento del DM erano unicamente attribuite al fabbricante
- Nel momento in cui il dispositivo incomincia ad essere integrato in una rete IT, è necessario estendere l'analisi dei rischi al contesto e all'infrastruttura stessa.
- Lo stato dell'arte identifica nella Struttura sanitaria la responsabile del rischio legato al collegamento del DM alla rete.

Indice di Valutazione del Rischio

$$IVR = \beta X + \gamma Y + \delta Z$$

- X , vettore contenente i fattori rischio che rientrano nella categoria “Documentazione e manutenzione”
- Y , vettore contenente i fattori di rischio relativi alla categoria “Rischio per il paziente”
- Z , vettore contenente i fattori di rischio per la categoria della “Sicurezza Informatica”
- β, γ e δ rappresentano i pesi che devono essere stimati per ciascuna categoria

Categorie di Rischio

DOCUMENTAZIONE E MANUTENZIONE				
(x ₁) DOCUMENTAZIONE	(x ₂) MANUTENZIONE PREVENTIVA	(x ₃) MANUTENZIONE CORRETTIVA 2016	(x ₄) COSTO DI MANUTENZIONE	(x ₅) PRIVACY
COMPLETA (CON MANUALE D'USO IN ITALIANO) = 0	EFFETTUATA DA MENO DI UN ANNO = 0	NESSUNA = 0	GLOBAL SERVICE (O GARANZIA) = 0	CODICE IDENTIFICATIVO = 0
COMPLETA (REPERIBILE CON MANUALE D'USO IN INGLESE) = 0.5	EFFETTUATA DA PIÙ DI UN ANNO (OPPURE DITTA ESTERNA/DOCUMENTAZIONE INCOMPLETA O NON REPERIBILE) = 0.5	DA 1 A 3 = 0.33	CONTRATTO = 0.5	DATI PERSONALI = 0.5
NON COMPLETA O NON REPERIBILE = 1	DUE INTERVENTI DI MP NON EFFETTUATI = 1	DA 4 A 8 = 0.66	NESSUN CONTRATTO = 1	DATI SENSIBILI = 1
	DOCUMENTAZIONE ASSENTE = 1	PIÙ DI 8 (O DOCUMENTAZIONE ASSENTE) = 1	DOCUMENTAZIONE ASSENTE = 1	

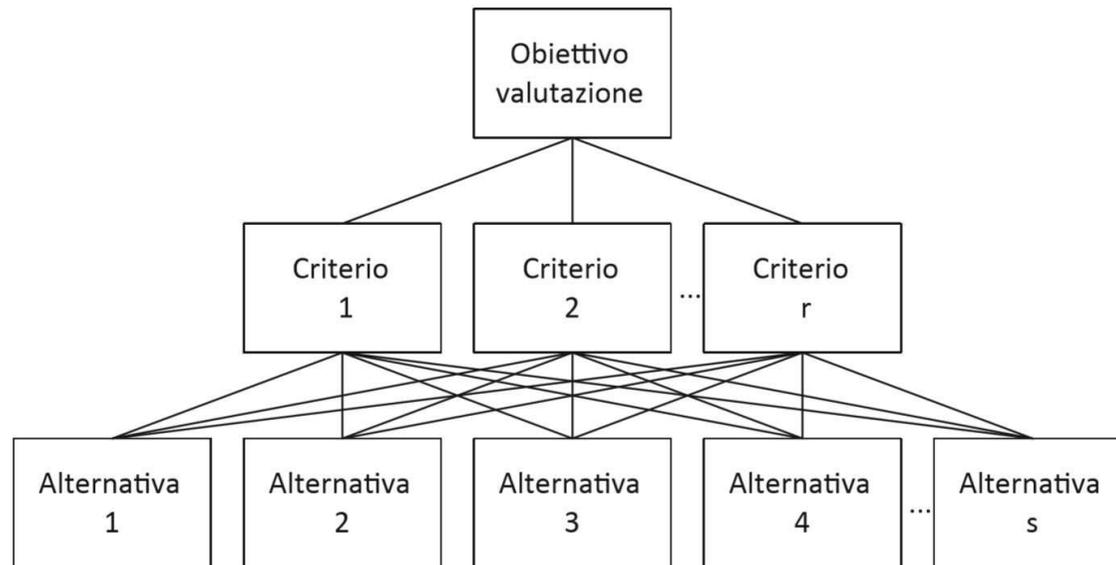
RISCHIO PER IL PAZIENTE			
(y ₁) TIPOLOGIA APPARECCHIATURA	(y ₂) CONSEGUENZE PER IL PAZIENTE IN CASO DI GUASTO	(y ₃) ETÀ (anni)	(y ₄) FREQUENZA DI UTILIZZO
TERAPEUTICA = 1	MORTE = 1	MAGGIORE O UGUALE A 8 = 1	UTILIZZO GIORNALIERO = 1
DIAGNOSTICA = 0.66	DANNO = 0.75	MINORE DI 8 = 0	ALMENO UN UTILIZZO ALLA SETTIMANA = 0.75
ANALITICA = 0.33	TERAPIA INAPPROPRIATA = 0.5		ALMENO UN UTILIZZO AL MESE = 0.5
ALTRO = 0	NESSUN RISCHIO SIGNIFICATIVO = 0.25		ALMENO UN UTILIZZO ALL'ANNO = 0.25

SICUREZZA INFORMATICA							
(z ₁) CREDENZIALI DI ACCESSO AL SISTEMA	(z ₂) ANTIVIRUS	(z ₃) BACKUP	(z ₄) PERDITA DEI DATI	(z ₅) TEST VULNERABILITÀ (CRITICITÀ)	(z ₆) FIREWALL	(z ₇) UPS	(z ₈) SISTEMA OPERATIVO OBSOLETO
CREDENZIALI FORTI = 0	INSTALLATO E AGGIORNATO = 0	GIORNALIERO = 0	NO = 0	ASSENTE = 0	ATTIVO = 0	SI = 0	NO = 0
CREDENZIALI DEBOLI = 0.5	INSTALLATO E NON AGGIORNATO = 0.33	SETTIMANALE = 0.25	POTENZIALE = 0.5	BASSA = 0.5	NON ATTIVO = 1	NO = 1	SI = 1
NON PRESENTI = 1	NON PRESENTE MA INSTALLABILE = 0.66	MENSILE = 0.5	TOTALE = 1	MEDIA = 1			
	NON PRESENTE/NON INSTALLABILE = 1	ANNUALE = 0.75		ELEVATA/NON EFFETTUATA = 1			
		NON EFFETTUATO = 1					

I DM analizzati

	ETICHETTA	DM
1	27061	SPETTROMETRO DI MASSA
2	27679	TOMOGRAFO A RISONANZA MAGNETICA
3	27987	DIAGNOSI DELL'APPARATO DIGERENTE A CAPSULA DEGLUTTIBILE
4	26043	ELETTROCARDIOGRAFO
5	20257	ANALIZZATORE MULTIPARAMETRICO A PANNELLO MISTO (Dati rilevati sul PC)
6	27636	MONITOR ACQUISIZIONI IMMAGINI (sistema Aida 27959)
7	25537	CROMATOGRAFO IN FASE LIQUIDA AD ELEVATE PRESTAZIONI (Dati rilevati sul PC)
8	20231	EMOGASANALIZZATORE
9	27136	ECOGRAFO GE

L'Analytic Hierarchy Process AHP



- 1 matrice per il confronto a coppie tra gli r criteri
- r matrici per il confronto a coppie tra le s alternative, assegnando i valori di priorità alle alternative rispetto a ciascun criterio

La scala fondamentale di Saaty

Intensità a_{ij}	Definizione
1	Uguale importanza tra i e j.
3	Prevalenza debole di i rispetto a j.
5	Prevalenza forte di i rispetto a j.
7	Prevalenza dimostrata di i rispetto a j.
9	Prevalenza assoluta di i rispetto a j.
2, 4, 6, 8	Valori intermedi.

- Il risultato di tutti i confronti (in totale $n(n - 1)/2$), genera la matrice reciproca $A_{n \times n} = (a_{ij})$, dove:
 - se $a_{ij} = a$, allora $a_{ji} = 1/a$, con $a > 0$
 - se lo stimolo A_i risulta di uguale intensità ad A_j , allora $a_{ij} = a_{ji} = 1$

Il vettore w delle priorità

$$w = [w_1, \dots, w_i, \dots, w_j, \dots, w_n] \quad \sum_{i=1}^n w_j = 1$$

- Nel caso di matrice perfettamente consistente, w è stimato normalizzando una qualunque colonna di A
- Nel caso invece di matrice non perfettamente consistente, w è stimato attraverso uno dei due metodi:
 - metodo approssimato: normalizzare i valori per colonne, aggiungere le righe e normalizzare rispetto al totale;
 - metodo esatto: elevare la matrice a potenza consecutivamente normalizzando le somme dei valori di riga.

Consistency Ratio (*CR*)

- Si definisce Consistency Index (*CI*) il valore così ottenuto:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

- Si definisce Random Consistency Index (*RI*) il valore ottenuto dalla media dei *CI* di un elevato numero di matrici casuali.

n	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

- Si definisce Consistency Ratio (*CR*) il valore così ottenuto:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

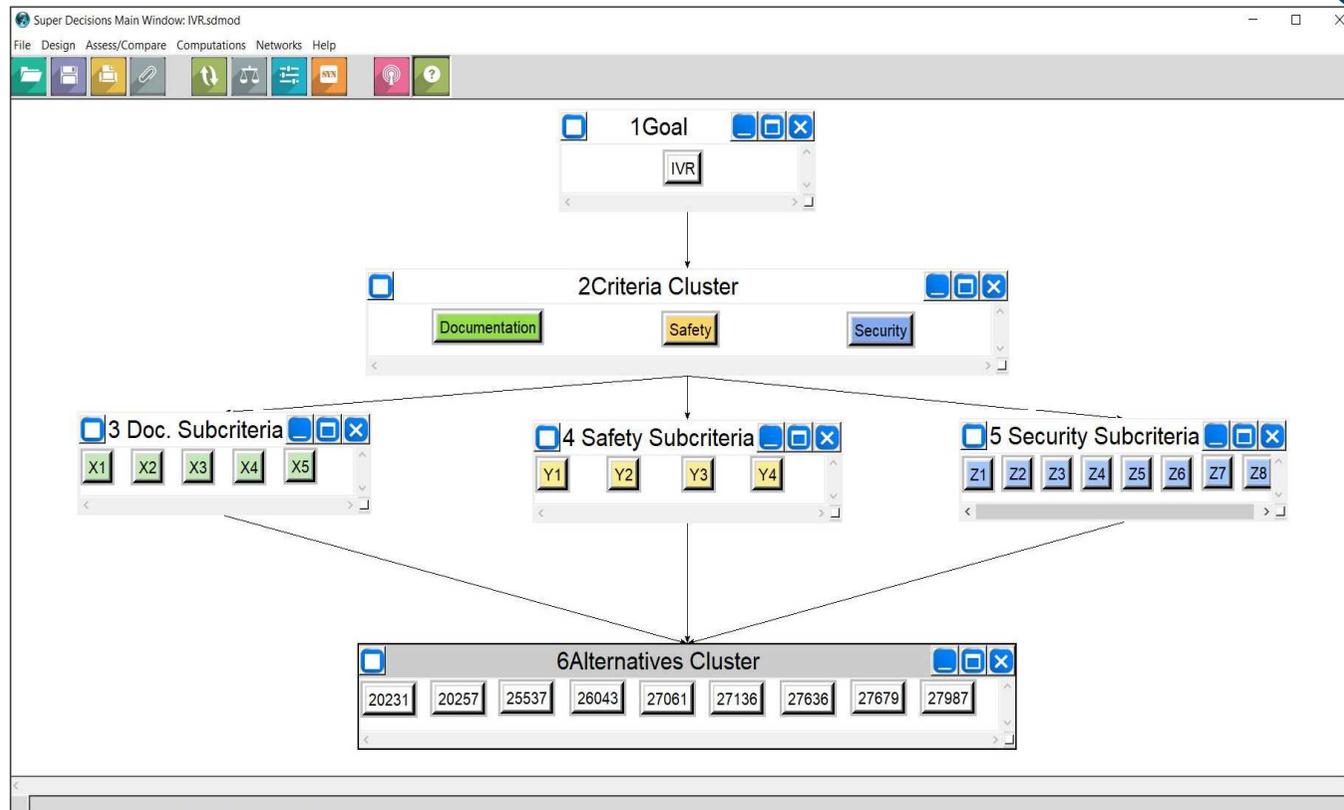
Classifica delle alternative P_i

- Si moltiplica la classifica locale delle alternative rispetto a ogni criterio R_{ij} per i relativi pesi globali.

$$P_i = \sum_{j=1}^n W_j \cdot R_{ij}$$

- I pesi globali consentono di determinare un ordine di preferenza o ranking

Applicazione del metodo: Creazione del modello gerarchico



Applicazione del metodo: Confronti a coppie

- Calcolo dei pesi delle categorie di rischio

	Documentation	Safety	Security
Documentation	1	1/4	1/7
Safety	4	1	1/3
Security	7	3	1

3. Results		
Normal		Hybrid
Inconsistency: 0.03112		
Documenta~		0.07862
Safety		0.26275
Security		0.65863

- Calcolo dei pesi dei fattori di rischio della categoria "Documentation"

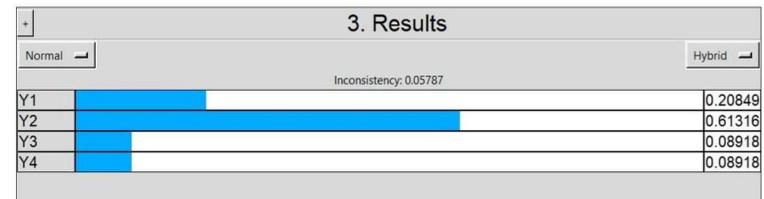
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
x_1	1	1/7	1/4	4	1/9
x_2	7	1	4	8	1/3
x_3	4	1/4	1	4	1/4
x_4	1/4	1/8	1/4	1	1/9
x_5	9	3	4	9	1

3. Results		
Normal		Hybrid
Inconsistency: 0.09385		
X1		0.05698
X2		0.29575
X3		0.12415
X4		0.03098
X5		0.49214

Applicazione del metodo: Confronti a coppie

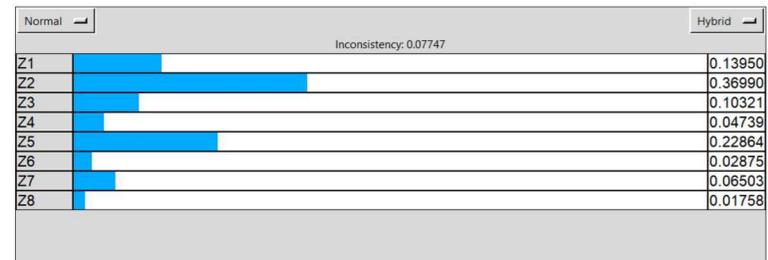
- Calcolo dei pesi dei fattori di rischio della categoria "Safety"

	y_1	y_2	y_3	y_4
y_1	1	1/5	3	3
y_2	5	1	5	5
y_3	1/3	1/5	1	1
y_4	1/3	1/5	1	1

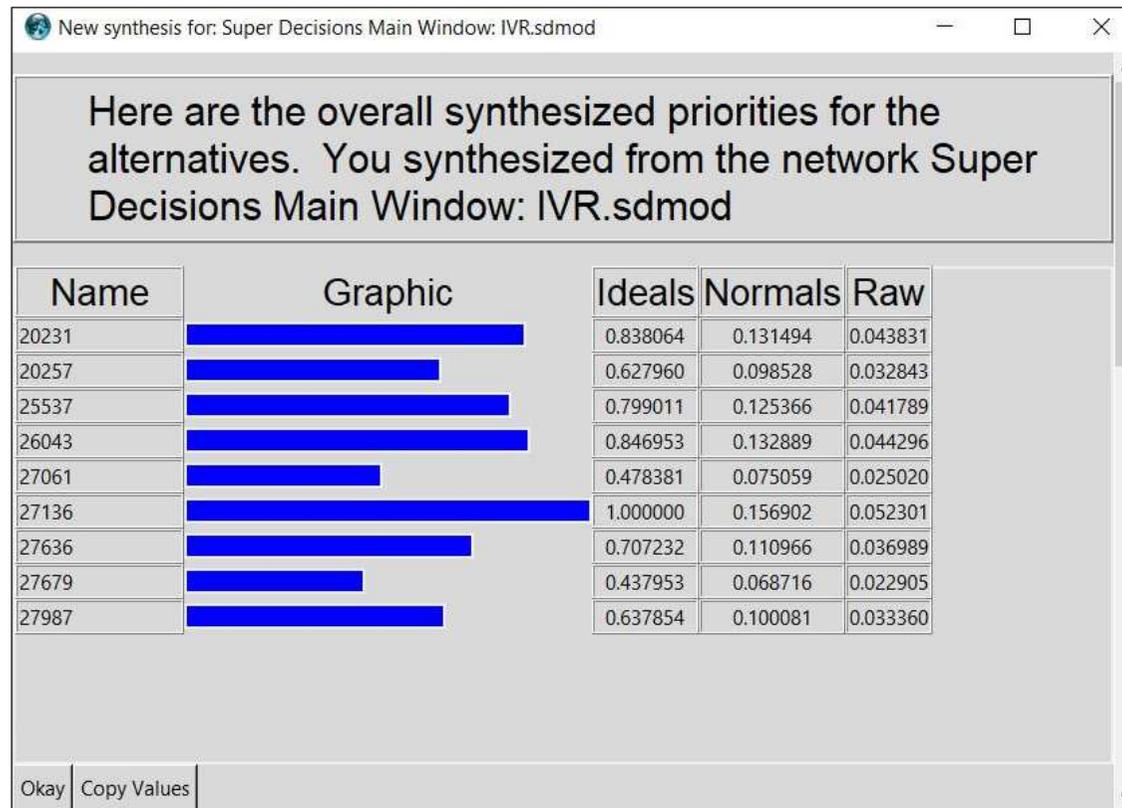


- Calcolo dei pesi dei fattori di rischio della categoria "Security"

	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8
z_1	1	1/4	3	3	1/3	5	3	7
z_2	4	1	5	7	3	8	6	9
z_3	1/3	1/5	1	3	1/3	5	3	7
z_4	1/3	1/7	1/3	1	1/6	3	1/3	5
z_5	3	1/3	3	6	1	6	5	8
z_6	1/5	1/8	1/5	1/3	1/6	1	1/3	3
z_7	1/3	1/6	1/3	3	1/5	3	1	5
z_8	1/7	1/9	1/7	1/5	1/8	1/3	1/5	1



Risultati



Confronto con il metodo regressione lineare multipla (MRLM)

<i>ETICHETTA</i>	<i>POSIZIONE_{MRLM}</i>	<i>POSIZIONE_{AHP}</i>	
27136	1	1	=
26043	2	2	=
20257	3	7	-
27679	4	9	-
27636	5	5	=
20231	6	3	+
27061	7	8	-
25537	8	4	+
27987	9	6	+

Confronto con il metodo regressione lineare multipla (MRLM)

- Riassegnazione dei pesi dei fattori di rischio della categoria "Safety" rispettando la priorità della regressione lineare multipla

	Normal	Hybrid
Inconsistency: 0.03244		
Y1		0.23404
Y2		0.07079
Y3		0.07079
Y4		0.62438

ETICHETTA	POSIZIONE _{MRLM}	POSIZIONE _{AHP(2)}	
27136	1	1	=
26043	2	2	=
20257	3	6	-
27679	4	8	-
27636	5	5	=
20231	6	3	+
27061	7	9	-
25537	8	7	+
27987	9	4	+

Confronto con il metodo logistico

PRIVACY-PIA			
(p_1) DATI	(p_2) ACCESSO ILLEGITTIMO AI DATI	(p_3) MODIFICHE INDESIDERATE DEI DATI	(p_4) PERDITA DEI DATI
CODICE IDENTIFICATIVO = 0	TRASCURABILE = 0	TRASCURABILE = 0	TRASCURABILE = 0
DATI PERSONALI = 0.5	LIMITATA = 0.33	LIMITATA = 0.33	LIMITATA = 0.33
DATI SENSIBILI = 1	IMPORTANTE = 0.66	IMPORTANTE = 0.66	IMPORTANTE = 0.66
	MASSIMA = 1	MASSIMA = 1	MASSIMA = 1

Confronto con il metodo logistico

- Nello spazio geometrico, il vettore Z e quello P sono paralleli, ovvero Security e Privacy collimano

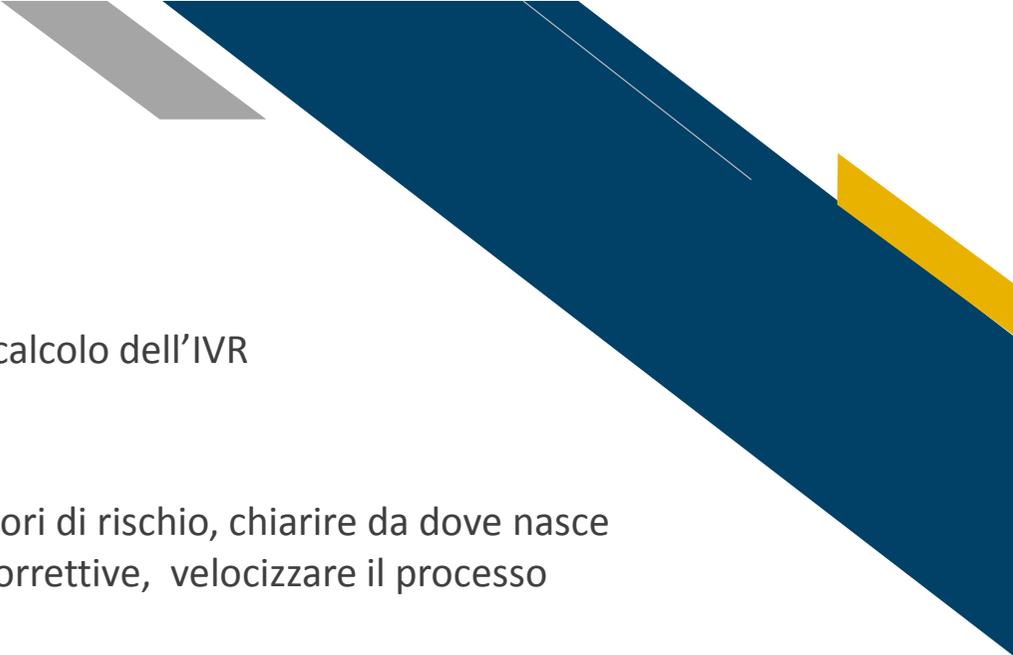
Detailed report of sensitivity and specificity

Cutpoint	Sensitivity	Specificity	Correctly Classified
(>= .0332..)	100.00%	6.25%	51.61%
(>= .1616..)	100.00%	12.50%	54.84%
(>= .184903)	100.00%	18.75%	58.06%
(>= .3181..)	93.33%	18.75%	54.84%
(>= .7237..)	66.67%	87.50%	77.42%
(>= .991317)	6.67%	100.00%	54.84%
(> .991317)	0.00%	100.00%	51.61%

Pr(y_logistica)	y_logistica		Total
	0	1	
.0332188	1	0	1
.1616833	1	0	1
.184903	0	1	1
.3181692	1	0	1
.7237025	0	1	1
.991317	0	1	1
Total	3	3	6

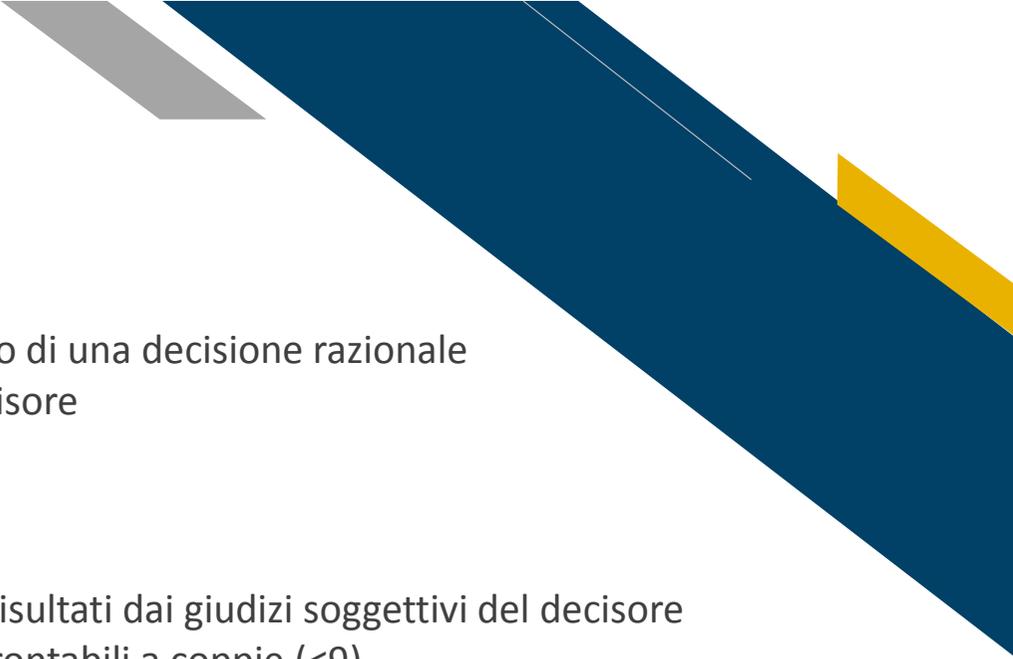
Confronto con il metodo logistico

ETICHETTA	POSIZIONE_{LOG}	POSIZIONE_{AHP}	
27136	1	1	=
26043	2	2	=
27061	3	5	-
27987	4	4	=
27679	5	6	-
27636	6	3	+



Conclusioni

- L'AHP si è quindi rivelato essere un valore aggiunto nel calcolo dell'IVR
- Il metodo permette di analizzare preventivamente i fattori di rischio, chiarire da dove nasce il problema, individuare su quali DM attivare le azioni correttive, velocizzare il processo decisionale e ridurre l'incertezza del rischio
- Risulta particolarmente utile in presenza di elementi qualitativi/quantitativi e difficoltà nell'assegnare le priorità.
- I giudizi espressi mediante il confronto a coppie sono inoltre maggiormente robusti



Conclusioni

- Permette di ottenere un giudizio globale rappresentativo di una decisione razionale che realizza al meglio il gran numero di obiettivi del decisore
- Il metodo presenta anche alcuni limiti: dipendenza dei risultati dai giudizi soggettivi del decisore e definito e limitato numero di alternative e criteri confrontabili a coppie (<9)
- Possibili sviluppi futuri: ampliare il numero di oggetti confrontabili a coppie, aggiunta di altre categorie di rischio, altri metodi multicriterio, algoritmi di machine learning e intelligenza artificiale

Grazie per l'attenzione

Fabrizio Cenedese
Dottore Magistrale in Ingegneria Clinica

 www.linkedin.com/in/fabrizio-cenedese-215776193

 fabrizio.cenedese@outlook.com