

Fai la scelta giusta... in dieci mosse!

L'analisi multicriteriale come strumento di supporto nei processi decisionali

di Giovanni De Feo, Professore Aggregato di Ingegneria Sanitaria-Ambientale presso l'Università degli Studi di Salerno, g.defeo@unisa.it

1. Introduzione

Troublemaker e problem solver sono due termini di uso corrente che abbiamo ereditato dal mondo anglosassone. Il troublemaker, letteralmente “creatore di problemi”, o, meglio ancora e più esplicitamente, “rompiscatole”, è colui, appunto, che solleva problemi.

Il più grande dei rompiscatole della storia è stato senza dubbio Socrate. Essere solo troublemaker, tuttavia, equivale a essere sterili; significa creare solo problemi, dare fastidio, un po' come le zanzare nelle calde e afose sere d'estate. Non volendo fare la fine del fastidioso e insopportabile insetto, alla capacità di sollevare i problemi occorre abbinare l'abilità di proporre valide soluzioni. Il problem solver, pertanto, è colui che, per un dato problema, suggerisce una o più soluzioni valide e applicabili. Un ingegnere deve essere essenzialmente un bravo risolutore di problemi (De Feo, 2008).

A questo punto viene spontaneo chiedersi: «Che cos'è un problema?».

Problema: «Questione la cui soluzione incerta implica la possibilità di un'alternativa» (AA.VV., 2003). Il termine “questione” richiama subito alla mente la parola “domanda”, se non altro perché in inglese question, significa, appunto, domanda. L'origine vera del termine, tuttavia, come spesso accade, è latina. Questione, infatti, si può immediatamente collegare a quesito che deriva dal latino quaesitum, da quaesitus, participio passato del verbo quaerere, che significa, appunto, chiedere. Risolvere un problema, quindi, dovrebbe essere un po' come rispondere a una domanda. A un quesito si può rispondere correttamente in uno o più modi. Quando la risposta a un quesito è unica ed è anche nota, evidentemente non ci troviamo di fronte ad un problema. Capita spesso, invece, di ascoltare persone che si lamentano per un presunto problema, trattandosi, però, nello specifico, al più di un qualche “grattacapo” la cui soluzione è nota ed eventualmente onerosa (De Feo, 2008). Un problema è un'opportunità per fare le cose in modo diverso...

In generale, pertanto, per risolvere un problema in modo rigoroso occorre:

1. Comprendere a fondo il Problema
2. Costruire più Alternative risolutive valide
3. Scegliere l'Alternativa “migliore”.
4. Per scegliere l'alternativa migliore ci viene incontro l'analisi multicriteriale.

L'analisi multicriteriale (o analisi multicriterio) è una tecnica di valutazione della diversità degli oggetti di un insieme (le alternative) sulla base di un certo numero di criteri rispetto ai quali si è stabilito un accordo e una condivisione, tra gli attori coinvolti (decisori), per quanto riguarda sia la loro natura sia la loro importanza relativa (pesi). Ciascun'alternativa è valutata (si legga “misurata”) con riferimento ad ogni criterio. Le tecniche di analisi multicriteriale s'inquadrano nell'ambito dei metodi di supporto alle decisioni (decision making).

La struttura di base è data da una matrice di valutazione (la matrice delle alternative) con i criteri di valutazione nel vettore colonna, le alternative nel vettore riga e da un vettore dei pesi che rappresenta i valori d'importanza relativa attribuiti ai criteri (con somma unitaria).

Lo scopo di quest'articolo è prospettare – in modo semplice - al Lettore/Ingegnere le potenzialità delle tecniche di analisi multicriteriale attraverso la presentazione di un caso paradigmatico quale la scelta di un portatile. Data la necessaria brevità dell'articolo, si è preferito dare allo stesso un taglio pratico – ma originale – non volendo annoiare il Lettore con una trattazione teorica dell'argomento, che, peraltro, richiederebbe spazi considerevolmente maggiori.

2. Metodologia proposta

La procedura di analisi multicriteriale adottata si articola in dieci mosse di un'ipotetica partita a scacchi in cui il nemico da battere è il problema da risolvere:

1. Definizione dell'Obiettivo della Scelta
2. Individuazione delle Alternative (A_i)
3. Individuazione dei Criteri (C_j) di valutazione delle Alternative
4. Compilazione della Matrice delle Alternative
5. Trasformazione dei giudizi qualitativi in numeri
6. Normalizzazione della Matrice delle Alternative
7. Assegnazione dei Pesi ai Criteri
8. Risoluzione della Matrice delle Alternative
9. Calcolo dell'Indice di Preferenza
10. Scelta dell'Alternativa "Migliore".

La prima mossa della strategia risolutiva consiste nella "Definizione dell'Obiettivo della Scelta". In questo caso si vuole scegliere "un computer portatile da usare con programmi di disegno professionale e di foto elaborazione che non costi più di 1.000,00 Euro (IVA 21% inclusa) e che abbia una buona autonomia della batteria".

La seconda mossa consiste nella "Individuazione delle Alternative" e, quindi, in questo caso, nell'individuazione di computer portatili da usare con programmi di disegno professionale e di foto elaborazione che non costino più di 1.000,00 Euro e che abbiano una buona autonomia della batteria.

La terza mossa consiste nella "Individuazione dei Criteri", che richiede la conoscenza delle necessarie competenze tecniche nel campo in cui ricadono le alternative da confrontare. Nel caso di studio, occorre essere pratici con l'uso dei calcolatori, cosa molto comune a tutti gli ingegneri. Per ognuno dei criteri occorre specificare se si tratta di un beneficio, da massimizzare, o di un costo, da minimizzare.

La quarta mossa consiste nella "Compilazione della Matrice delle Alternative" (MANm). In pratica, Per ognuno dei Criteri occorre determinare il valore che esso assume per ciascun'Alternativa presa in considerazione (si veda la Figura 1).

		Criteri					
		C ₁	C ₂	...	C _j	...	C _m
Alternative	A ₁	C ₁ (A ₁)	C ₂ (A ₁)	...	C _j (A ₁)	...	C _m (A ₁)
	A ₂	C ₁ (A ₂)	C ₂ (A ₂)	...	C _j (A ₂)	...	C _m (A ₂)

	A _i	C ₁ (A _i)	C ₂ (A _i)	...	C _j (A _i)	...	C _m (A _i)

	A _n	C ₁ (A _n)	C ₂ (A _n)	...	C _j (A _n)	...	C _m (A _n)

$M_{ij} = C_j(A_i)$

Figura 1. Generica matrice delle alternative.

La quinta mossa consiste nella “Trasformazione giudizi qualitativi”. In pratica, gli eventuali giudizi non numerici presenti nella matrice delle alternative vanno tradotti in numeri. In Figura 2 è presentato il caso teorico di 2 alternative di giudizio qualitativo (es.: no/si; basso/alto; etc.).

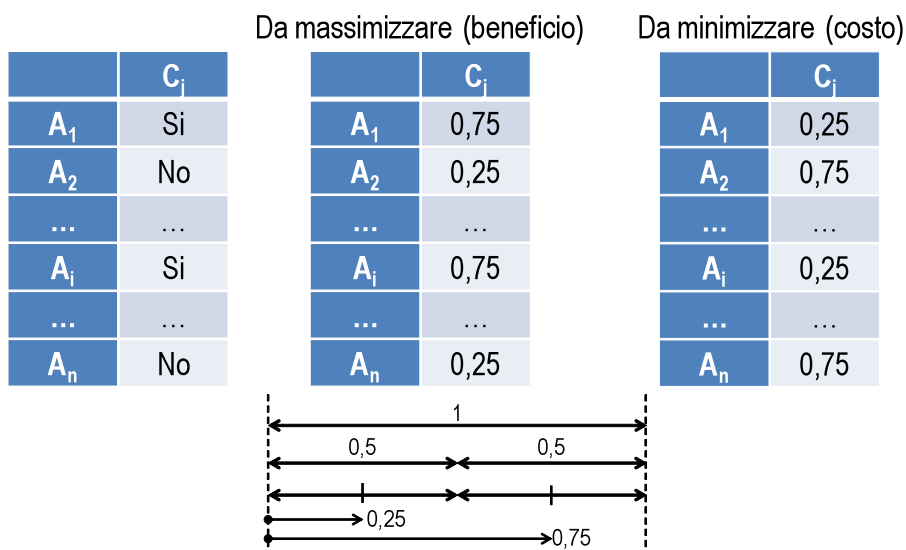


Figura 2. Trasformazione di un giudizio qualitativo con due possibili alternative (ad es. Si/No).

Il metodo suggerito di trasformazione del giudizio qualitativo in numerico consiste nel dividere l'intervallo [0,1] in tanti sottoinsiemi quante sono le alternative di giudizio, e nell'assegnare a ogni alternativa il valore medio di ogni sottointervallo, così come di seguito spiegato per diversi casi:

- 2 alternative (es.: no/si; basso/alto; etc.):
 $[0,1] = [0, 0,5] \cup [0,5, 1]$
 $(1) = (0+0,5)/2 = 0,25; (2) = (0,5+1)/2 = 0,75$
- 3 alternative (es.: es.: 1.Sufficiente, 2.Buono, 3.Distinto):
 $[0,1] = [0, 0,333] \cup [0,333, 0,666] \cup [0,666, 1]$
 $(1) = (0+0,333)/2 = 0,1665; (2) = (0,333+0,666)/2 = 0,5; (3) = (0,666+1)/2 = 0,8325$

- 4 alternative (es. 1.Sufficiente, 2.Buono, 3.Distinto, 4.Ottimo):

$$[0,1] = [0, 0,25] \cup [0,25, 0,5] \cup [0,5, 0,75] \cup [0,75, 1]$$

$$(1) = (0+0,25)/2 = \mathbf{0,125}; (2) = (0,25+0,5)/2 = \mathbf{0,375}; (3) = (0,5+0,75)/2 = \mathbf{0,625}; (4) = (0,75+1)/2 = \mathbf{0,875}$$

- 5 alternative (es.: 1.Sufficiente, 2.Buono, 3.Distinto, 4.Ottimo, 5.Eccellente; oppure: 1. Molto Bassa, 2.Bassa, 3.Media, 4.Alta, 5.Molto Alta):

$$[0,1] = [0, 0,2] \cup [0,2, 0,4] \cup [0,4, 0,6] \cup [0,6, 0,8] \cup [0,8, 1]$$

$$(1) = (0+0,2)/2 = \mathbf{0,1}; (2) = (0,2+0,4)/2 = \mathbf{0,3}; (3) = (0,4+0,6)/2 = \mathbf{0,5}; (4) = (0,6+0,8) = \mathbf{0,7}; (5) = (0,8+1)/2 = \mathbf{0,9}$$

La sesta mossa consiste nella “Normalizzazione della Matrice delle Alternative”, che deve giungere a contenere numeri compresi tra 0 e 1, così come mostra l’esempio della Figura 3.

		Criteri					
		C ₁	C ₂	...	C _j	...	C _m
Alternative	A ₁	0,333	0,347	...	0,876	...	1,000
	A ₂	1,000	0,229	...	0,555	...	0,467

	A _i	1,000	0,756	...	1,000	...	0,123

	A _n	0,333	1,000	...	0,329	...	0,458

Figura 3. Esempio di Matrice delle Alternative Normalizzata.

Per procedere con la normalizzazione occorre calcolare il valore minimo (Min) e il valore massimo (Max) per ogni colonna della Matrice delle Alternative, così come mostra la Figura 4.

		Criteri					
		C ₁	C ₂	...	C _j	...	C _m
Alternative	A ₁	C ₁ (A ₁)	C ₂ (A ₁)	...	C _j (A ₁)	...	C _m (A ₁)
	A ₂	C ₁ (A ₂)	C ₂ (A ₂)	...	C _j (A ₂)	...	C _m (A ₁)

	A _i	C ₁ (A _i)	C ₂ (A _i)	...	C _j (A _i)	...	C _m (A ₁)

	A _n	C ₁ (A _n)	C ₂ (A _n)	...	C _j (A _n)	...	C _m (A ₁)
Min	M _{1,min}	M _{2,min}	...	M _{j,min}	...	M _{m,min}	
Max	M _{1,max}	M _{2,max}	...	M _{j,max}	...	M _{m,max}	

Figura 4. Calcolo del valore minimo (Min) e massimo (Max) per ogni colonna della Matrice delle Alternative.

Qualora si debba normalizzare un beneficio (criterio da massimizzare), si può adottare una delle 3 espressioni seguenti:

1. $M_{ij}^* = M_{ij}/M_{j,max}$, dove $M_{j,max} = \max(i) M_{ij}$
2. $M_{ij}^* = (M_{ij} - M_{j,min}) / (M_{j,max} - M_{j,min})$, dove $M_{j,min} = \min(i) M_{ij}$
3. $M_{ij}^* = [M_{ij} / (\sum_i M_{ij}^2)^{-1/2}]$.

Qualora, invece, si debba normalizzare un costo (criterio da minimizzare), si può adottare una delle tre espressioni seguenti:

1. $M_{ij}^* = M_{j,min} / M_{ij}$, dove $M_{j,min} = \min(i) M_{ij}$
2. $M_{ij}^* = (M_{j,max} - M_{ij}) / (M_{j,max} - M_{j,min})$, dove $M_{j,min} = \min(i) M_{ij}$
3. $M_{ij}^* = \{ (1/M_{ij}) / [\sum_i (M_{ij})^2]^{-1/2} \}$.

La settima mossa consiste nella “Assegnazione dei Pesi ai Criteri” (si veda la Figura 5). Esistono innumerevoli tecniche per svolgere quest’operazione, tra cui l’assegnazione diretta, il metodo AHP (*Analytic Hierarchy Process*) che fa ricorso alla Scala di Saaty a nove valori (Saaty, 1977, 1996, 2001), etc.

		Pesi ($\sum P_j = 1,00$)					
		0,10	0,15	...	0,20	...	0,05
Alternative		Criteri					
		C ₁	C ₂	...	C _j	...	C _m
A ₁	0,333	0,347	...	0,876	...	1,000	
A ₂	1,000	0,229	...	0,555	...	0,467	
...	
A _i	1,000	0,756	...	1,000	...	0,123	
...	
A _n	0,333	1,000	...	0,329	...	0,458	

Figura 5. L’assegnazione dei pesi ai criteri.

La tecnica usata in questa procedura è quella del confronto a coppie, nota come PCT, acronimo dell’inglese *Paired comparison technique* (Mondy e Noe, 2008). Si basa, appunto, sul confronto a coppie e utilizza tre giudizi numerici:

- “1” per dire che un criterio è più importante rispetto ad un altro;
- “0” per dire che un criterio è meno importante rispetto a un altro;
- “0,5” per dire che i due criteri confrontati hanno la stessa importanza.

Il peso di ogni singolo criterio si calcola come il rapporto tra la somma dei punteggi attribuiti a quel criterio (somma degli elementi di ogni riga) e la somma totale dei punteggi, in modo tale che sommando i pesi finali di tutti i criteri, si ottiene un valore unitario. Nella matrice dei confronti a coppie c’è la necessità di introdurre un criterio fittizio rispetto al quale tutti i criteri da confrontare sono più importanti (s’introduce per evitare che qualche criterio possa avere punteggio pari a zero).

In generale, il numero di confronti a coppie (Ncc), si ottiene con la (1):

$$N_{cc} = N_c! / [2! \times (N_c - 2)!] \quad (1)$$

dove N_c indica, ovviamente, il numero di criteri e il simbolo “!” indica il calcolo del fattoriale (si ricorda che $n!$ è il prodotto dei primi n numeri interi positivi minori o uguali di n).

Per facilitarci il compito nella fase di confronto a coppie, e ridurre al minimo le possibilità di incorrere in errori, ci si può aiutare facendo ricorso alla Scala delle Priorità (De Feo e De Gisi, 2010), illustrata in Figura 6.

Problema di scelta da risolvere: ACQUISTO DI UN PC PORTATILE

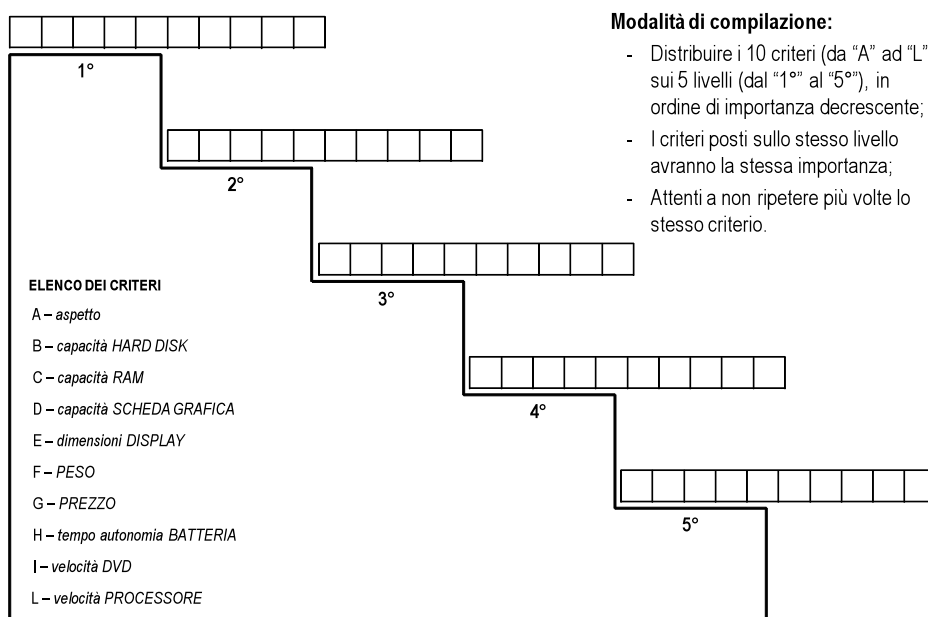


Figura 6. La Scala delle Priorità per il confronto a coppie nella fase di assegnazione dei pesi ai criteri (De Feo e De Gisi, 2010).

L’ottava mossa consiste nella “Risoluzione della Matrice delle Alternative”. Anche per quest’operazione esistono diverse tecniche. In questo caso si è adotta quella nota come metodo SAW, acronimo dell’inglese *Simple Additive Weighing* (Ching-Lai e Kwangsun, 1981), che consiste nel moltiplicare ogni elemento della matrice delle alternative per il peso della rispettiva colonna, come mostrato in Figura 7.

Criteri

	C ₁	C ₂	...	C _j	...	C _m
A ₁	0,0333	0,0520	...	0,1752	...	0,0500
A ₂	0,1000	0,0343	...	0,1110	...	0,0233
...
A _i	0,1000	0,1134	...	0,0200	...	0,0061
...
A _n	0,0333	0,1500	...	0,0658	...	0,0045

$= MA_{11} \times P_1 = 0,333 \times 0,10 (*)$
 $= MA_{ij} \times P_j = 0,876 \times 0,20 (*)$
 $= MA_{im} \times P_m = 0,876 \times 0,20 (*)$

Figura 7. Risoluzione della matrice delle alternative con la tecnica SAW (Simple Additive Weighing).

La nona mossa consiste nel “Calcolo dell’Indice di Preferenza (Ip)”, che si esegue sommando i valori di ogni riga della matrice delle alternative, così come mostra la Figura 8.

	Ip	
A ₁	0,7764	$= MA_{11} \times P_1 + \dots + MA_{1i} \times P_i + \dots + MA_{1m} \times P_m = \sum MA_{1j} \times P_j (*)$
A ₂	0,6712	$= MA_{21} \times P_1 + \dots + MA_{2i} \times P_i + \dots + MA_{2m} \times P_m = \sum MA_{2j} \times P_j (*)$
...	...	
A _i	1,0489	$= MA_{i1} \times P_1 + \dots + MA_{ii} \times P_i + \dots + MA_{im} \times P_m = \sum MA_{ij} \times P_j (*)$
...	...	
A _n	0,6342	$= MA_{n1} \times P_1 + \dots + MA_{ni} \times P_i + \dots + MA_{nm} \times P_m = \sum MA_{nj} \times P_j (*)$

Figura 8. Calcolo dell’Indice di Preferenza (Ip) delle Alternative confrontate.

La decima e ultima mossa, quella con la quale si da scacco matto al problema, consiste nella scelta dell’Alternativa “Migliore”, cioè quella con l’Ip più alto (si veda la Figura 9).

	Ip
A ₁	0,7764
A ₂	0,6712
...	...
A _i	1,0489
...	...
A _n	0,6342




Figura 9. La scelta dell’Alternativa “migliore”.

3. Sintesi dei risultati ottenuti

Nello svolgimento del caso studio sono stati adottati i seguenti dieci Criteri di scelta, per ognuno dei quali si specifica se si tratta di un beneficio, da massimizzare, o di un costo, da minimizzare:

- C1 - Aspetto (beneficio)
- C2 - Capacità HARD DISK (beneficio)
- C3 - Capacità RAM (beneficio)
- C4 - Capacità SCHEDA GRAFICA (beneficio)
- C5 - Dimensioni DISPLAY (beneficio/costo)
- C6 - PESO (costo)
- C7 - PREZZO (costo)
- C8 - Tempo autonomia BATTERIA (beneficio)
- C9 - Velocità DVD (beneficio)
- C10 - Velocità PROCESSORE (beneficio).

Altrettante sono state le Alternative selezionate, i cui dettagli sono deducibili dalla Tabella 1 che contiene la Matrice delle Alternative.

Tabella 1. La Matrice delle Alternative per il caso studio analizzato relativo alla scelta di un computer portatile da usare con programmi di disegno professionale e di foto elaborazione che non costi più di 1.000,00 Euro (IVA 21% inclusa) e che abbia una buona autonomia della batteria.

Alternative	Criteri									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
	Beneficio	Beneficio	Beneficio	Beneficio	Beneficio	Costo	Costo	Costo	Beneficio	Beneficio
	Aspetto	HD	RAM	Scheda	Display	Peso	Prezzo	Batteria	DVD	Processore
S/B/O	Gbyte	Gbyte	Gbyte	Pollici	kg	Euro	Ore	X	GHz	
A1	B	500	4	2	15,6	1,8	699	9	16	3,3
A2	O	500	4	4	13,3	1,39	849	6	8	1,7
A3	B	750	6	1	15,6	1,8	559	12	16	3,3
A4	O	320	2	1	12,1	1,45	499	6	4	1,8
A5	B	640	4	1	17,3	3,43	890	5	16	2,3
A6	S	500	4	1	15,6	2,55	599	5	8	2,5
A7	O	320	4	1.7	13,3	1,35	799	7	16	3,3
A8	B	640	4	1	15,6	2,6	665	10	16	2,3
A9	B	500	6	1	15,6	2,3	579	6	16	2,5
A10	O	256	4	1.7	13,3	1,3	850	7	16	1,8

Per brevità si danno per assunte le fasi di Trasformazione dei giudizi qualitativi in numeri e di Normalizzazione della Matrice delle Alternative, mentre nella Tabella 2 s'illustra la fase di Assegnazione dei Pesi ai Criteri. Con 10 criteri, sono stati eseguiti 45 confronti a coppie:

$$N_{cc} = \frac{N_c(N_c - 1)}{2} = \frac{10(10 - 1)}{2} = \frac{10!}{2!(10-2)!} = \frac{10!}{2! \times 8!} = 1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6 \times 7 \times 8 \times 9 \times 10 / (1 \times 2 \times 1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6 \times 7 \times 8) = 9 \times 10 / 2 = 90 / 2 = 45.$$

Tabella 2. Assegnazione dei Pesi ai criteri con la tecnica del confronto a coppie PCT (*Paired Comparison Technique*).

-	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	Cf	Somma	Peso	
C1	-	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	1	1.5	0.027	
C2	1	-	0	0	0	0.5	1	0	0.5	0	1	4	0.073	
C3	1	1	-	0.5	0.5	1	1	0.5	1	0.5	1	8	0.145	
C4	1	1	0.5	-	0.5	1	1	0.5	1	0.5	1	8	0.145	
C5	1	1	0.5	0.5	-	1	1	0.5	1	0.5	1	8	0.145	
C6	1	0.5	0	0	0	-	1	0	0.5	0	1	4	0.073	
C7	0.5	0	0	0	0	0	-	0	0	0	1	1.5	0.027	
C8	1	1	0.5	0.5	0.5	1	1	-	1	0.5	1	8	0.145	
C9	1	0.5	0	0	0	0.5	1	0	-	0	1	4	0.073	
C10	1	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0.5	1	-	1	8	0.145	
Cf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000	
												Somma	55	1.000

Anche la fase di Risoluzione della Matrice delle Alternative si sottintende, mentre in Figura 10 si riportano le 10 Alternative ordinate per Indice di Preferenza (Ip) decrescente. Come si può vedere la A3 è risultata l'Alternativa "migliore" secondo i criteri adottati e la procedura proposta. Altre tecniche sono possibili, l'importante è non rifiutarsi di scegliere e fare la scelta giusta, perché no in dieci mosse!

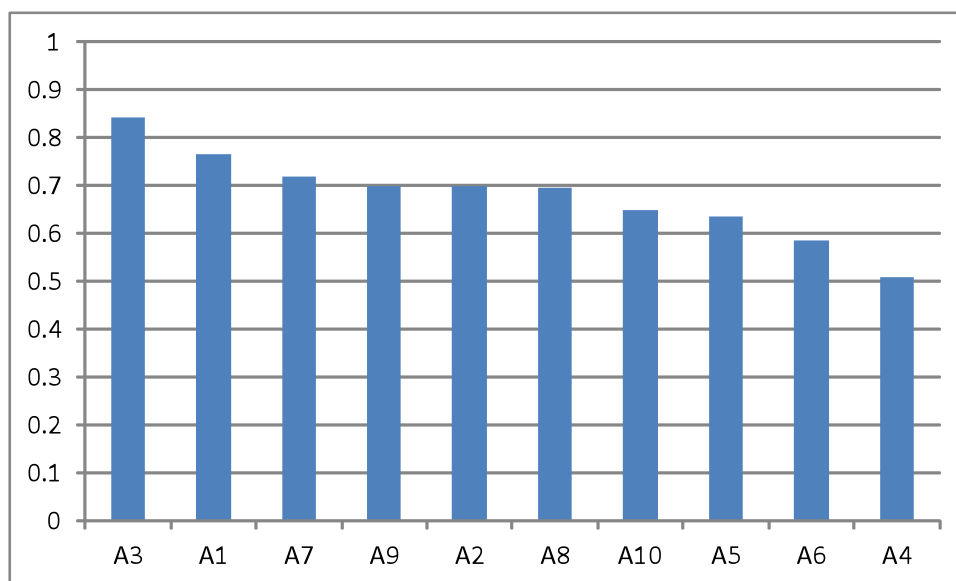


Figura 10. Alternative ordinate per Indice di Preferenza (Ip) decrescente.

Riferimenti bibliografici

AA.VV. (2003), Lo Zingarelli, Vocabolario della lingua italiana di Nicola Zingarelli, Zanichelli Editore, Bologna, p. 1972.

Ching-Lai H., Kwangsun Y. (1981), Multiple attribute decision making, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, New York.

De Feo G. (2008), Fenomeni di Inquinamento e Controllo della Qualità Ambientale. Teoria, esercizi e aneddoti vari, Aracne Editrice, Roma, 668 pag., ISBN 978-88-548-1712-8.

De Feo G., De Gisi S. (2010), Using an innovative criteria weighting tool for stakeholders involvement to rank MSW facility sites with the AHP, Waste Management 30 (2010), pp. 2370–2382, DOI:10.1016/j.wasman.2010.04.010.

Mondy W., Noe R. (2008), Human Resource Management, Prentice-Hall, USA.

Saaty, T.L. (1977). The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York.

Saaty, T.L. (1996). The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York, USA.

Saaty, T.L. (2001), Decision Making for Leaders. The Analytic Hierarchy Process for Decision in a Complex World. New Edition RWS Publications, Pittsburgh, USA.