



PROBLEM SOLVING

Metodologie che ti supportano nel
prendere la decisione migliore!





Sommario

- Introduzione al Problem solving
- Metodi multicriteriali. Applicazioni AHP e gare d'appalto
- Programmazione matematica e ottimizzazione. Applicazioni a supply chain e contructions
- Simulazione ad eventi discreti. Applicazioni a Design di sistemi di servizio e manufacturing

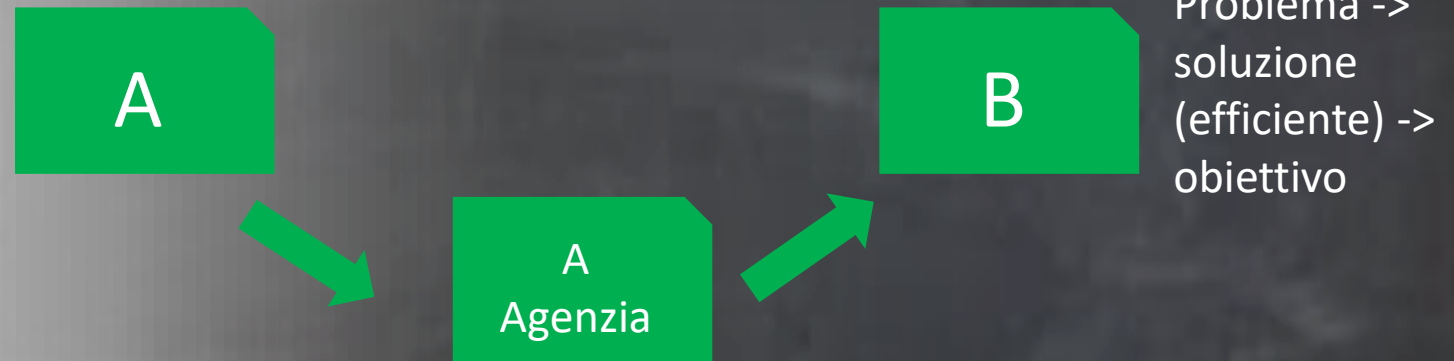
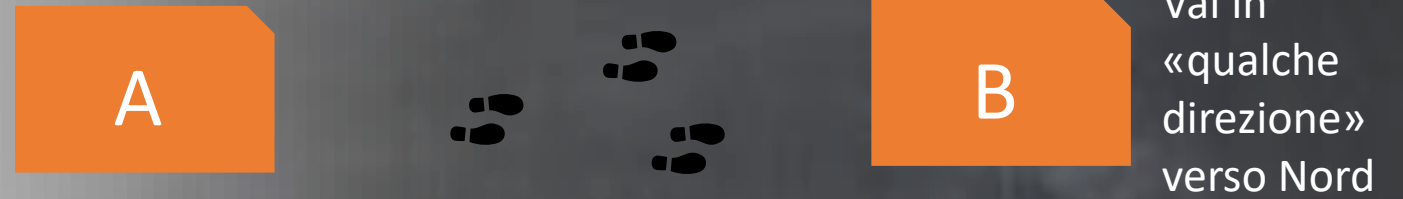
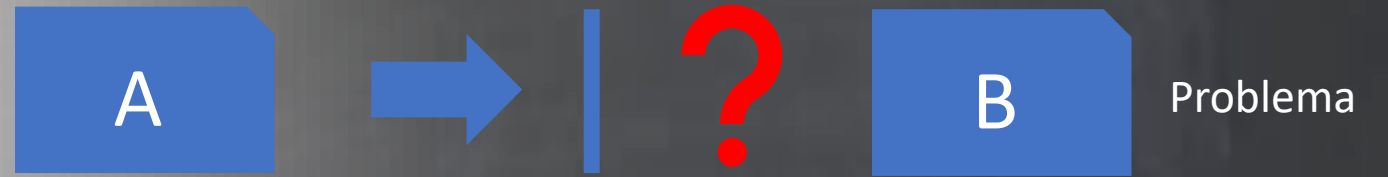


Problem Solving - Definizioni

- Un problema si genera quando esiste un **obiettivo** da raggiungere ma non è chiaro come. Il processo di **Problem Solving** determina una **sequenza di azioni** che portano dallo stato attuale allo stato desiderato
- **Ottimizzazione (programmazione matematica)** riguarda la scelta della migliore alternativa, rispetto ad un criterio (o obiettivo) dato tra un insieme (finito o meno) di possibili alternative

Esempio

Devo andare da Roma (A) a Saint Tropez (B), ma non conosco la strada



S. Ian Robertson – Problem Solving

Considerazioni

- Dal problema all'obiettivo tramite l'elaborazione di una soluzione
- La soluzione vista o come risultato o come procedura di raggiungimento dell'obiettivo
- La soluzione o il procedimento solutivo deve essere «efficiente»



Rappresentazione matematica

Note

- f può essere la composizione o la somma di più funzioni (problema multiobiettivo)
- f può rappresentare l'ottenimento di un valore assegnato (minimizzare la distanza dall'obiettivo)
- $\text{Min } -f = \text{max } f$

Problema P

Scelta $x \in X$

Obiettivo - Criterio f

$P: \min f(x)$

$x \in X$

Esempio

Il Management di **TripsLogistics** vuole capire se e quanto spazio magazzino affittare nei prossimi tre anni.

L'affitto a lungo termine risulta più basso ma non permette di essere adattato ad eventuali scenari di domanda mutevole. Le opzioni tra cui scegliere sono le seguenti:

- a. Ottenere lo spazio magazzino sul mercato spot
- b. Ottenere lo spazio magazzino con contratto di affitto triennale più rifornirsi nel mercato spot per eventuali necessità
- c. Scegliere un contratto con pagamento minimo ed uso variabile fino ad un limite oltre il quale rifornirsi presso il mercato spot.

Quanto spazio affittare nei prossimi 3 anni ?



Esempio Caso - A

Dati

Spazio necessario 1 m²/unità di domanda

Domanda (D_A)/anno: 100 000 unità anno

Domanda (D_{A+t})/anno :

↑ +20% con probabilità 50% ;

↓ -20% con probabilità 50% (probabilità indipendente)

Prezzi Magazzino (P):

1\$ / m² per anno prezzo contratto triennale

1.20\$ / m² per anno prezzo mercato spot

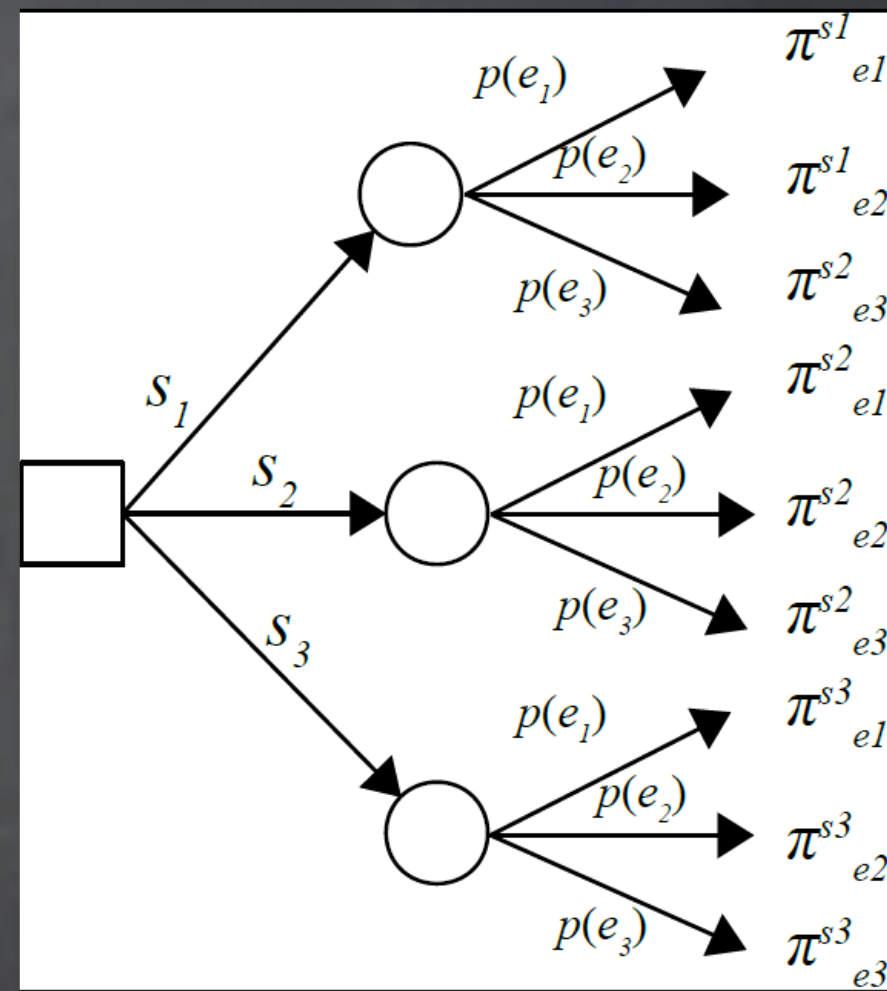
↑ P_{t+1} : 10% (1.32) con probabilità 50%

↓ P_{t+1} : 10% con probabilità 50% (1.08)

Ricavi: 1.22\$. Si vuole soddisfare tutta la domanda

Tasso di sconto $k = 0.1$

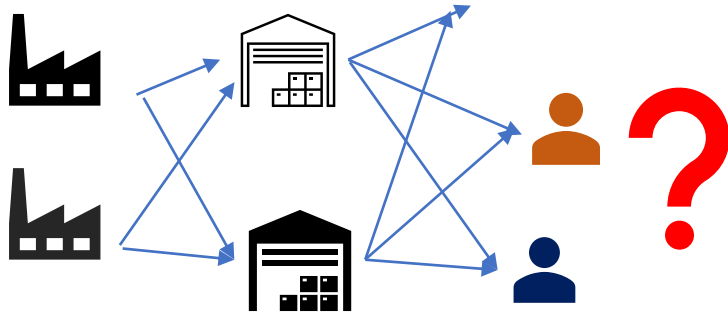
Rappresentazioni su grafo



Esempio Caso - B

PROBLEMA

Determinare rete di distribuzione

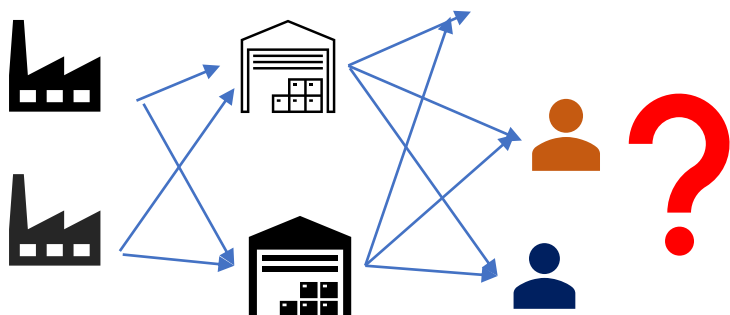


L'obiettivo è quello di minimizzare i costi rispettando alcuni vincoli di capacità e di domanda

Dati di esempio

- Due impianti, $p1$ e $p2$
- Capacità max dell'impianto $p2$ pari a 60000 pezzi annui
- Costi di produzioni uguali per i due impianti
- 2 magazzini (warehouse) $w1$ e $w2$ con identici costi
- Il mercato può essere aggregato in 3 zone $c1$, $c2$, e $c3$ con domanda rispettivamente pari a 50000, 100000, e 50000

Esempio Caso - B



U Cost (€)					
warehouse	p1	p2	c1	c2	c3
w1	0	4	3	4	5
w2	5	2	2	1	2

Plant	Capacity	unit cost
p1		0
p2	60000	0
Market area	demand	unit cost
c1	50000	0
c2	100000	0
c3	50000	0

1. Vincoli di capacità

2. Soddisfare la domanda

3. Conservazione del flusso: Quello che entra nei magazzini è pari a quello che esce

Metodi multicriteriali

Metodi principali

Focus su AHP

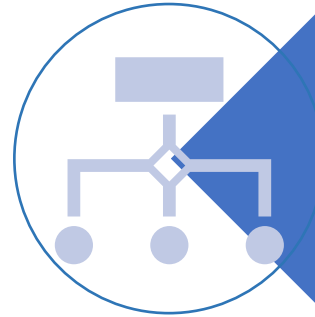
Applicazione



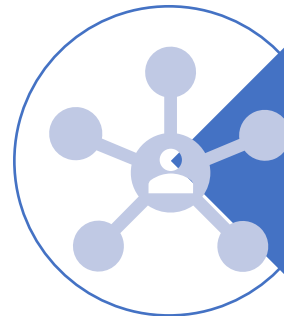
Problema decisionale e valutazioni di impatto

In generale, per un qualsiasi problema decisionale, dobbiamo distinguere tre formulazioni diverse ("decision making problem")

l'analisi operativa,
la valutazione socioeconomica
la valutazione strategica.



l'**analisi operativa** rappresenta il modo più dettagliato di valutare l'infrastruttura di un sistema tecnico ed in pratica determina se un sistema tecnico adempie ai suoi prestabiliti obiettivi.



la **valutazione socioeconomica** non si occupa delle prestazioni tecniche di un sistema specifico, ma dell'impatto sociale ed economico di questo.

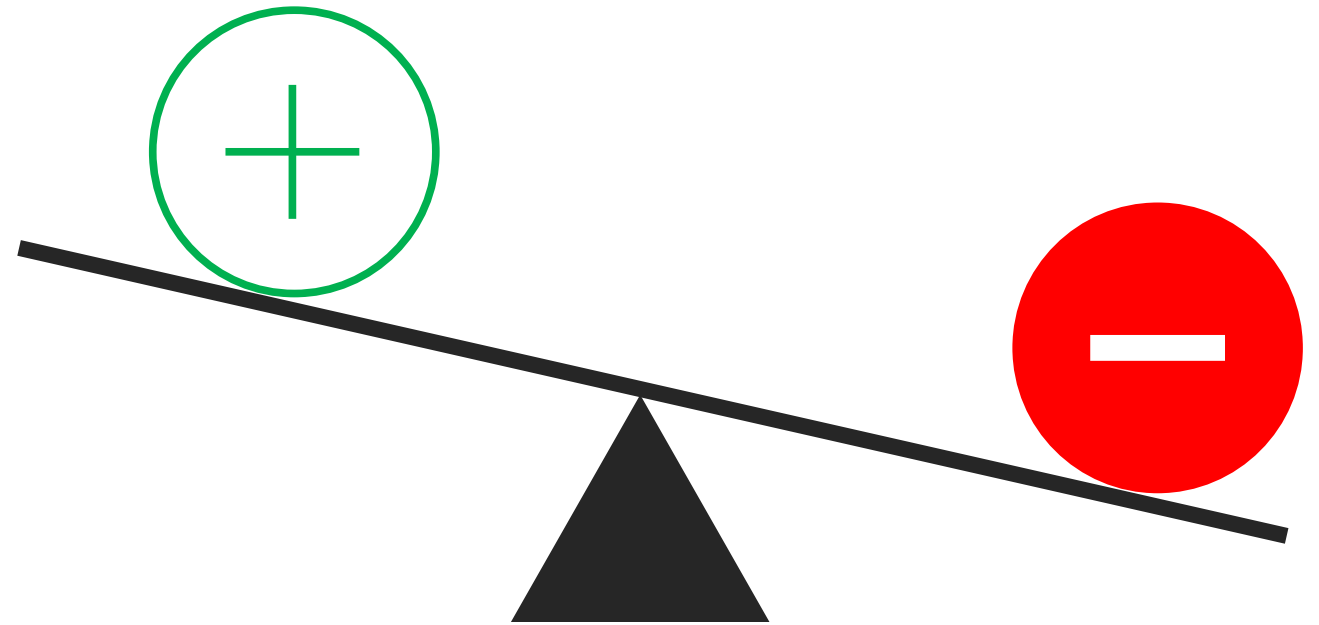


La **valutazione strategica** elabora le strategie a lungo termine legate all'introduzione di tecnologie innovative che possono influenzare gli scenari sociali futuri e le abitudini di vita in modo determinante, quindi fondamentalmente anche tale valutazione ha lo scopo di determinare la alternativa socialmente migliore.

Metodi di valutazione delle alternative

In alcuni casi la presenza di effetti a lungo termine (positivi o negativi), di rischi, di interessi conflittuali e di informazioni qualitative, non consente un impiego ed un uso significativo di tecniche di valutazione come quelle di tipo analisi costo-benefici (CBA).

È questo il motivo dell'interesse verso gli approcci valutativi multidimensionali, propri dell'analisi multicriteria (MCA).



Metodi di
valutazione delle
alternative

Scopo

Lo scopo fondamentale dell'analisi multicriteria è quello di fornire una base razionale per la classificazione di un certo numero di possibilità di scelta alternative valutate rispetto a più criteri contemporaneamente (anche discordanti tra loro).

Elementi

Alternative (es. progetti, strategie, etc)

Obiettivo: scopo da raggiungere, direzione verso cui orientare gli sforzi (misurabili)

Goal: target, soglia da raggiungere

Criterio: aspetto particolare secondo cui valutare le caratteristiche complessive di un obiettivo

Attributo: “misura di rispondenza” generica ovvero un qualsiasi “indicatore di prestazione” che fornisce la base per valutare “quanto” uno specifico obiettivo viene raggiunto

“gerarchia” degli obiettivi

Multi Criteria Analysis

- L'approccio MADM* può essere concisamente rappresentato in forma matriciale.
- Una “matrice di decisione” o “matrice degli impatti” D è una matrice $n \times m$ i cui elementi x_{ij} indicano gli “impatti” o “misure di rispondenza” ovvero la validità dell'alternativa progettuale j -esima, a_j rispetto al criterio di valutazione i -esimo
ci quindi l'alternativa a_j è rappresentata da un vettore colonna

$$x_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}).$$

- $\text{Max } f(d)$
- $d \in D$

*Multi Attribute Decision Analysis Model

Analisi delle soluzioni del problema decisionale MCDM

In un problema MADM*, la soluzione ideale, ossia l'alternativa ottimale fra tutte quelle note in esame, è quella individuata dai migliori valori degli attributi relativi a ciascun criterio presente nella matrice di decisione:

*Multi Attribute Decision Analysis Model

$$A^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) ,$$

dove

$$x_i^* = \max_j U_i(x_{ij}) , \quad \text{con } j = 1, 2, \dots, m$$

in cui $U_i(x_{ij})$ indica la funzione di valore (o di utilità) associata all'i-esimo criterio di valutazione

Analisi delle soluzioni del problema decisionale MCDM

In molte tecniche di analisi multicriteria, si utilizzano diverse funzioni di utilità, le alternative che presentano i valori più elevati di tali utilità finali sono quelle preferibili nel contesto decisionale

“funzione di utilità”: funzione definita dal decisore, per ogni obiettivo, che fornisce una misura scalare della validità della generica alternativa relativamente a quell’obiettivo.

si utilizzano diverse funzioni di utilità, le alternative che presentano i valori più elevati di tali utilità finali sono quelle preferibili nel contesto decisionale

Classificazione dei metodi

In base alle “scale di misura adottabili”, in quanto i criteri di valutazione delle varie alternative possono essere espressi da valori in scala di misura “**cardinale**” (criteri quantitativi) oppure in scala di misura “**ordinale**” (criteri qualitativi): una scala ordinale non fornisce, per definizione, informazioni riguardo alla differenza relativa tra due livelli qualitativi qualsiasi

“**procedura di aggregazione**” dei molteplici criteri di valutazione.

Classificazioni delle tecniche di analisi multicriteria dell'approccio MADM

Tecniche MCA
che non
aggregano i
criteri di
valutazione:

- Compatibility Analysis (CA): analisi basata su un profilo qualitativo multidimensionale.
- AHP Analytical Hierarchical Process Analysis

Tecniche MCA
che aggregano i
criteri di
valutazione:

- Cost Effectiveness Analysis (CEA): una tecnica MCA che misura soltanto i costi in unità monetarie ma non i benefici, rappresenta quindi un "ibrido" fra la CBA e la MCA,
- Utility Value Analysis (UVA) ovvero Simple Additive Weighting Method (SAW),
- Elimination Et Choice Translating Reality (ELECTRE)
- Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

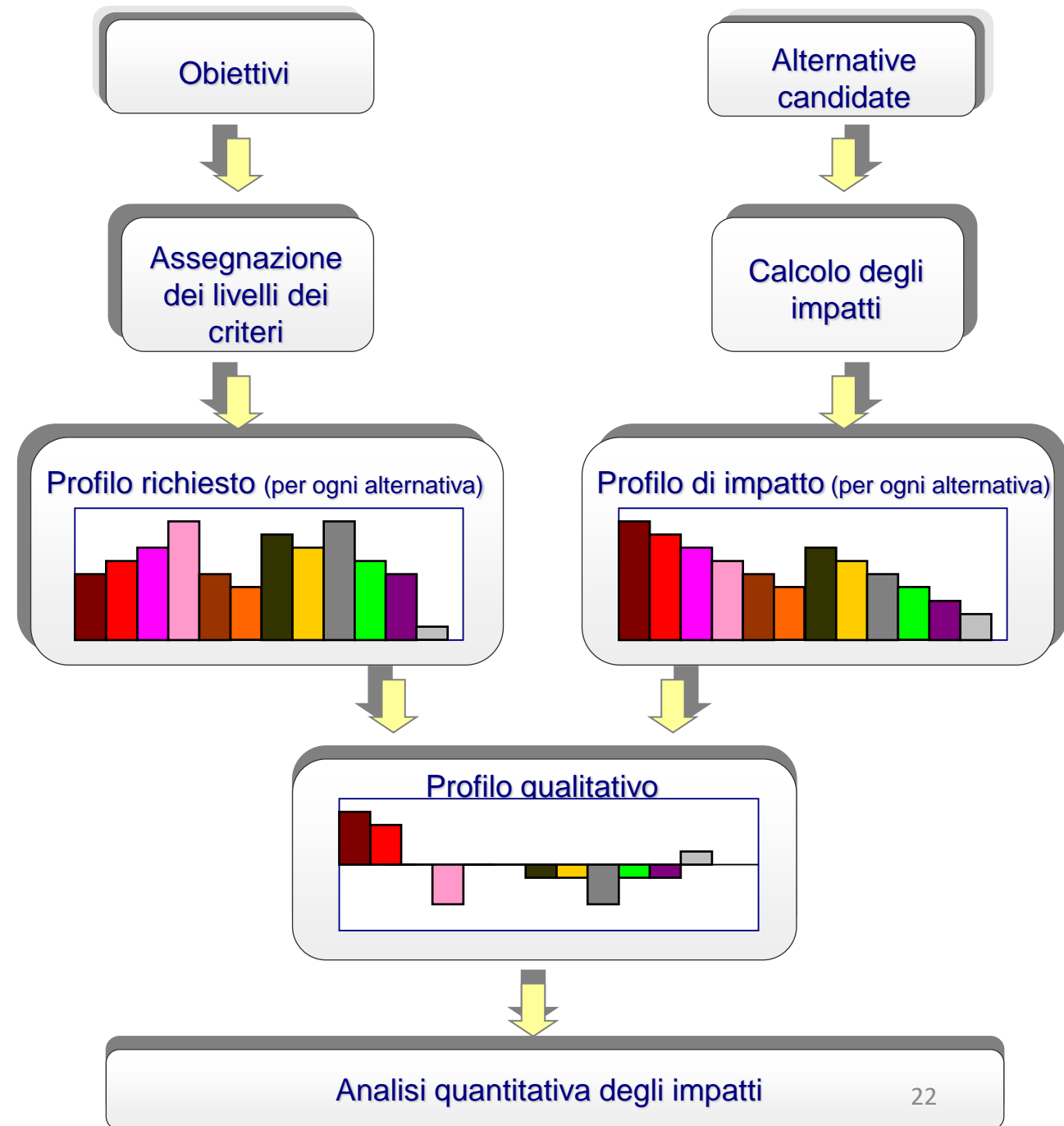
Compatibility Analysis (CA)

Per ogni alternativa ed ogni criterio viene tracciato un profilo

Il criterio viene confrontato rispetto al target desiderato del «goal»

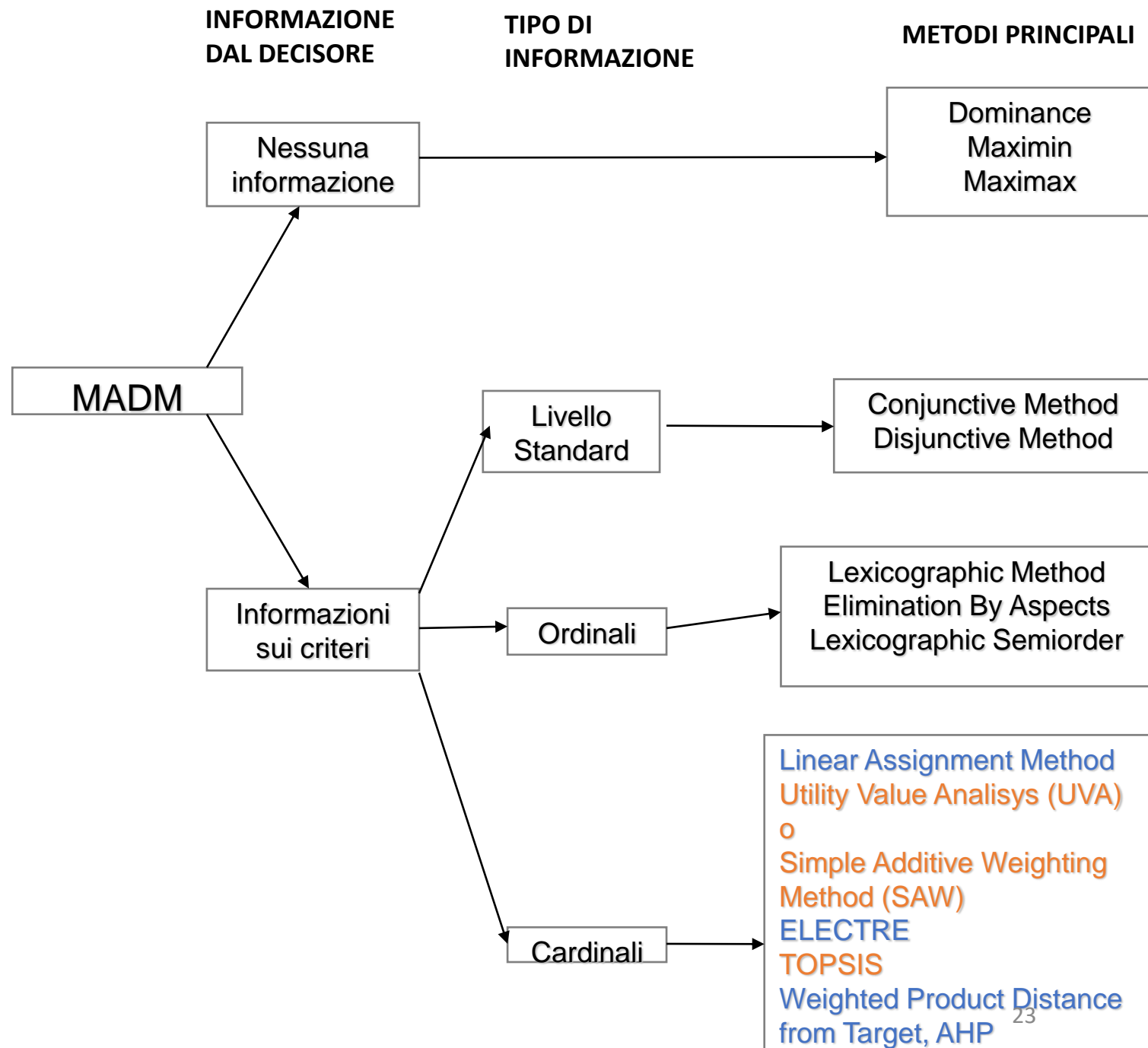
Vengono elaborati in modo qualitativo dei giudizi di vantaggio / svantaggio rispetto al goal per ogni alternativa e ogni criterio

Schematizzazione grafica



Classificazione

MCA che aggregano
Tra criteri



Approccio Metodologico alle tecniche di analisi MADM

In generale, un processo di valutazione si sviluppa secondo più stadi che comprendono:

- A. la determinazione dei criteri di valutazione in relazione agli obiettivi da perseguire,
- B. l'assegnazione del loro peso, e l'indicazione del valore delle singole alternative.
- C. La struttura logica di un tale processo è propedeutica alle tecniche di analisi impiegate per la valutazione delle alternative.

Steps per MCA

1. Determinazione dei criteri di valutazione in relazione agli obiettivi da perseguire,
2. Assegnazione del loro peso
3. Indicazione del valore delle singole alternative.

Steps per MCA Fase 1

La prima fase è quella della costruzione della matrice **D** degli impatti (matrice di decisione):

occorre innanzitutto determinare e schematizzare il sistema gerarchico degli obiettivi (obiettivi e criteri),

in relazione ad ogni criterio occorre definire i corrispondenti “impatti” di ciascuna alternativa attraverso l’analisi degli impatti, che rappresenta una fase concettuale separata e indipendente dal contesto del processo di valutazione vero e proprio.

Gli impatti e_{ij} riferiti ai singoli criteri c_i e alle singole alternative a_j realizzano la matrice di decisione .

Steps per MCA Fase 2

La seconda fase è quella in cui si applica la procedura di valutazione e scelta:

i dati raccolti nella matrice sono
differentemente elaborati in base alla “tecnica
di analisi” utilizzata.

Tabella per la conversione di giudizi qualitativi in numeri Fuzzy

	<i>SCALE</i>							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Assente</i>								0,05
<i>Molto basso</i>			0,09		0,08	0,09	0,08	0,14
<i>Tra basso e molto basso</i>							0,13	0,25
<i>Basso</i>		0,17	0,28	0,12	0,25	0,23	0,25	0,33
<i>Abbastanza basso</i>				0,3	0,42		0,37	0,41
<i>Un po' basso</i>						0,36		
<i>Medio</i>	0,58	0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5
<i>Un po' alto</i>						0,64		
<i>Abbastanza alto</i>				0,7	0,58		0,63	0,59
<i>Alto</i>	0,75	0,83	0,72	0,89	0,75	0,77	0,75	0,67
<i>Tra alto e molto</i>							0,88	0,75
<i>Molto alto</i>			0,91		0,92	0,91	0,92	0,86
<i>Eccellente</i>								0,96

Chen S.J. and Hwang C.L.(1992) Fuzzy Multiple Attribute Decision Makink, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Springer-Verlag, Berlin.

MCA Schema riassuntivo

Alternative
Progettuali a_j

ANALISI DEGLI "IMPATTI"

Determinazione
della
misura di
rispondenza
di ogni alternativa
ad
ogni criterio.

Criteri c_i

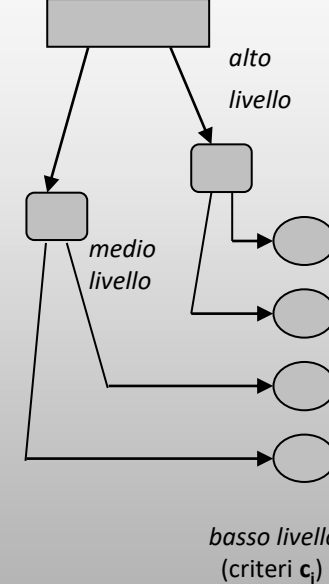
Misure di
Rispondenza
 e_{ij}

Obiettivi Generali
(input)

PROCEDURA DI VALUTAZIONE

- Costruzione della "Matrice di Decisione"

Sistemi di obiettivi:



Alternative a_j

Elementi e_{ij}
della matrice

2. Procedura di valutazione attraverso l'analisi dei dati della matrice delle decisioni.

Risultato della
valutazione:
confronto delle
Alternative
progettuali.

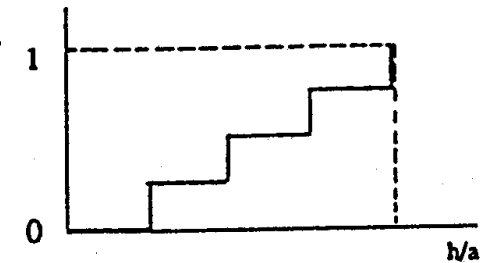
Utility Value Analysis (UVA)

- La tecnica Simple Additive Weighting anche chiamata **Utility Value Analysis** è la più conosciuta, e più comunemente utilizzata, tecnica di analisi.
- In linea di principio tale tecnica di analisi multicriteria aggrega ed elabora, per ogni alternativa, gli impatti relativi ai singoli criteri in **due passi** fondamentali successivi.
 - 1. Gli impatti quantitativi di ciascuna soluzione alternativa, stimati nelle loro originali unità di misura, sono trasformati in “misure di utilità” o “indici di utilità”, che mostrano in modo adimensionale con quale grado di bontà tali impatti soddisfano gli obiettivi stabiliti (**funzioni utilità**).
 - 2. pesando i singoli criteri si hanno le **utilità parziali** che sommate danno luogo il **valore utilità**

Funzioni di utilità

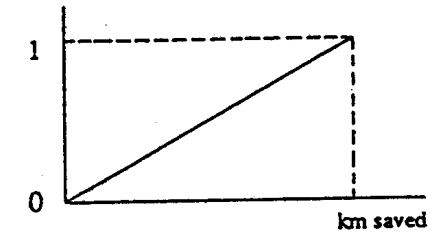
Travel Time for Vehicle

It is suggested that vehicle travel time can be reduced to 70% . The value function will be a step function when considering the local level or partial measures. In the European perspective the steps will become incremental.



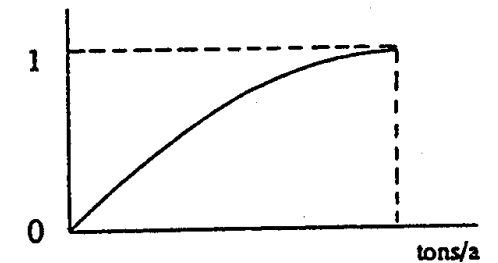
Vehicle Operating Costs

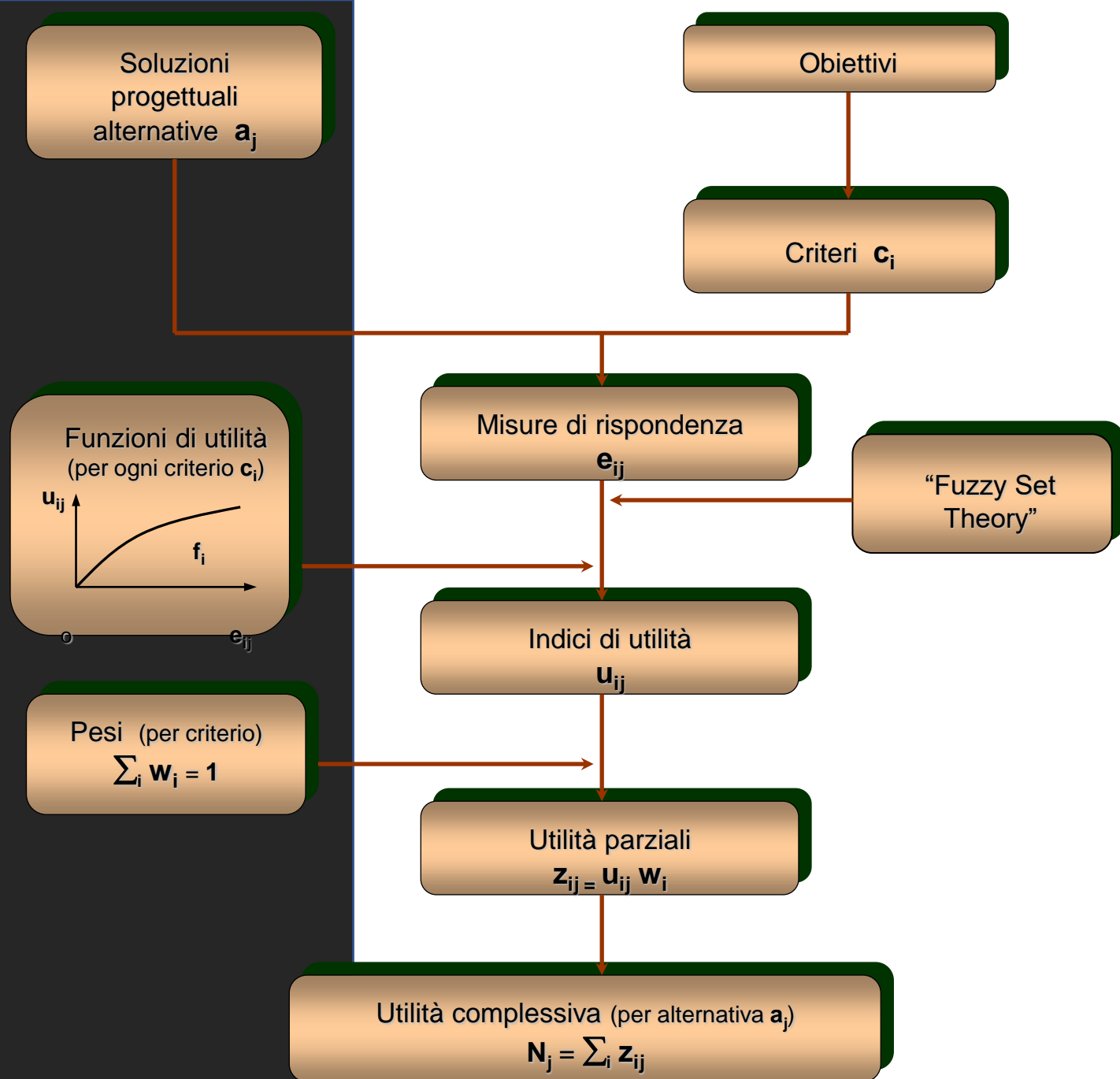
As RTI improves first of all the transport organisation it is supposed that distances travelled can be reduced by 20% only. A linear function is assigned to this criterion.



Air Pollution

Although the Zero-emission traffic is desirable a 20% reduction is considered as an optimum concerning RTI. A decelerating function is suggested to give high priority to first improvements. This value function is valid for all pollutants.



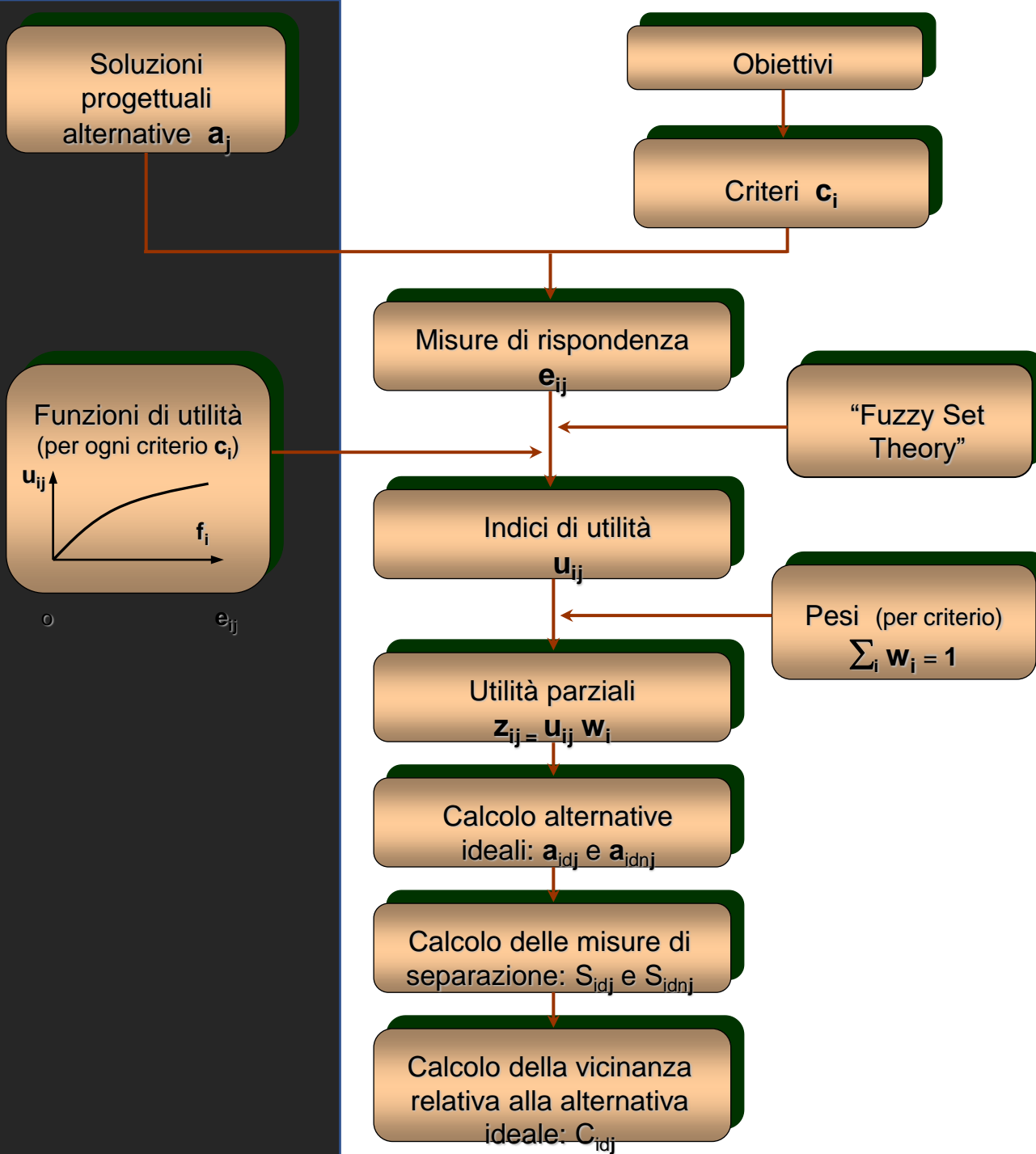


TOPSIS

Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution

(Hwang and Yoon, 1981)

- Secondo la metodologia TOPSIS l'alternativa preferibile è quella caratterizzata dalla **più piccola distanza dalla soluzione ritenuta “ideale”** e dalla **più grande distanza dalla soluzione “ideale-negativa”**.



TOPSIS

- Con questo metodo, assumiamo che ciascun criterio di valutazione c_i ($i = 1, 2, \dots, n$) sia caratterizzato da una crescita (decrescenza) monotona della utilità ad esso associata
- Questa ipotesi di lavoro garantisce sempre una facile individuazione della **alternativa “ideale”** contraddistinta da tutti i migliori valori degli attributi relativamente ad ogni criterio
- Alternativa **“ideale-negativa”** caratterizzata invece da tutti i valori peggiori.
- Ciò significa che per ogni alternativa a_j ($j = 1, 2, \dots, m$), maggiore è il valore di ciascun attributo relativo ai criteri associati a benefici, più grande è la preferenza ad essa accordata, e più piccola è invece la preferenza per i criteri relativi a costi.

TOPSIS

- Poiché non a tutti i criteri può essere associata la stessa importanza, anche per lo sviluppo di questa tecnica è necessaria, da parte del decisore, l'assegnazione di **pesi** che riflettano tale importanza.
- L'applicazione della “Teoria degli Insiemi Sfocati” (Fuzzy numbers), consente di trasformare gli **impatti qualitativi** presenti nella iniziale matrice di decisione in numeri certi adimensionali,
- Le funzioni di utilità f_i ($i = 1, 2, \dots n$) associate a ciascun criterio permettono di tenere conto della logica alla base di ogni criterio e di omogeneizzare e quindi confrontare tutti i dati contenuti nella matrice di decisione trasformata.

TOPSIS

- I pesi associati ad ogni criterio sono convertiti in pesi relativi w_i ($i = 1, 2, \dots, n$) la cui somma è uguale ad uno, dai prodotti dei pesi relativi associati ad ogni criterio per i dati normalizzati delle alternative relativi ai corrispondenti criteri otteniamo gli elementi della matrice di decisione espressa in misure di utilità parziali

TOPSIS

- Alternativa ideale ed ideale negativa

$$a_{id} = \left\{ \left(\max_j z_{ij} : i \in I \right), \left(\min_j z_{ij} : i \in I' \right) \text{ con } j = 1, 2, \dots, m \right\} = \{z_{id1}, z_{id2}, \dots, z_{idn}\}$$

$$a_{idn} = \left\{ \left(\min_j z_{ij} : i \in I \right), \left(\max_j z_{ij} : i \in I' \right) \text{ con } j = 1, 2, \dots, m \right\} \equiv \{z_{idn1}, z_{idn2}, \dots, z_{idnm}\}$$

I insieme dei criteri di beneficio, I' insieme dei criteri di costo

TOPSIS

- A questo punto della procedura occorre calcolare la distanza euclidea di ciascuna alternativa da quella ideale (fittizia).

$$S_{idj} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (z_{ij} - z_{idi})^2} \quad \text{con } j = 1, 2, \dots, m$$

TOPSIS

- Analogamente, si determina la distanza euclidea di ciascuna alternativa da quella ideale negativa (fittizia)

$$S_{idnj} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (z_{ij} - z_{idni})^2} \quad \text{con } j = 1, 2, \dots, m$$

TOPSIS

- Dopo aver determinato tali grandezze dobbiamo calcolare la “vicinanza relativa” alla soluzione (alternativa) ideale \mathbf{a}_{id} , della generica alternativa \mathbf{a}_j , utilizzando la seguente relazione

$$C_{idj} = \frac{S_{idnj}}{(S_{idj} + S_{idnj})} \quad \text{con} \quad 0 < C_{idj} < 1, \quad j = 1, 2, \dots, m$$

TOPSIS

- Ovviamente risulta:

$$C_{idj} = 1 \quad se \quad \mathbf{a}_j = \mathbf{a}_{id} \quad e$$

$$C_{idj} = 0 \quad se \quad \mathbf{a}_j = \mathbf{a}_{idn} .$$

Una alternativa generica \mathbf{a}_j , quindi, è tanto più vicina alla alternativa ideale quanto più la vicinanza relativa alla alternativa ideale è prossima al valore unitario

TOPSIS

- L'alternativa migliore è quindi quella che presenta *Cidj* più vicino al valore 1
- Esempio

	ribasso %	riduzione emissioni	minore durata	qualità
concorrente 1	15	30	25	0,6
concorrente 2	25	25	35	0,5
concorrente 3	10	42	40	0,8

ELECTRE - Elimination Et Choice Translating Reality

- La tecnica di analisi ELECTRE è stata originariamente introdotta da Benayon, Roy e Sussman e successivamente sviluppata da Roy, Nijkamp, van Delft ed altri, fino ad assumere le caratteristiche attuali.
- ELECTRE I, IV, IS, II, III, IV, TRI, etc.
- Concetto di outranking o surclassamento

ELECTRE: Outranking

- Outranking: ordinamento parziale
- aSb : a è almeno buono quanto b . $aS(j)b$: a è almeno buono quanto b per il criterio j . Valutazione con criterio g o criterio g_j . $g(a)$, $g_j(a)$
- aSb and not bSa : $g(a) > g(b)$ (a preferito a b).
- bSa and not aSb : $g(b) > g(a)$ (b preferito ad a).
- aSb and bSa : aIb : $g(a) = g(b)$ (a è indifferente a b).
- Not aSb and Not bSa : aRb (a incomparabile con b).

Esempio

		F	SD	RM	E
Progetto 1	P1	-14	90	40	100
Progetto 2	P2	129	100	0	0
Progetto 3	P3	-10	50	10	100
Progetto 4	P4	44	90	5	0
Progetto 5	P5	-14	100	20	40

F: aspetto Finanziario (NPV)

SD Solution delivery (maturità soluzione, etc)

RM: Risk management

E: Impatto ambientale

Valore maggiore, impatto migliore

Secondo il criterio F P3 è davvero meglio di P5?

Metodo ELECTRE:
threshold indifference
 q

- **Threshold indifference q :** un buffer che permette di rendere indifferenti alternative simili
- $aSb \Rightarrow g(a) > g(b) + q$
- $aIb \Rightarrow |g(a) - g(b)| \leq q$
- aRb come prima

Metodo ELECTRE: threshold preferenza weak p

- **Threshold preferenza p:** Si introduce un buffer di «esitazione» tra preferenza forte e «weak»:
- $aSb \Rightarrow aPb \Rightarrow g(a) > g(b) + p$ (preferenza forte)
- $aQb \Rightarrow q < g(a) - g(b) \leq p$ (preferenza weak)
- $aIb \Rightarrow |g(a) - g(b)| \leq q$
- aRb come prima

Chiaramente queste relazioni si applicano per ogni criterio j

Metodo ELECTRE: Concordanza e Discordanza

- Un **criterio** j è in **concordanza** con l'asserzione aSb se e solo se aS_jb cioè se $g_j(a) \geq g_j(b) - q$
- Un **criterio** j è in **discordanza** con l'asserzione aSb se e solo se bP_ja cioè se $g_j(b) \geq g_j(a) + p$

Metodo ELECTRE: Indice di concordanza

- Tramite l'indice di concordanza $C(a,b)$ si può ottenere una misura della forza dell'asserzione aSb . Dato k_j (k somma su j) peso di ogni criterio j la relazione di outranking diventa:

$$C(a, b) = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^r k_j c_j(a, b)$$

$$C(a, b) = \begin{cases} 1, & \text{se } g_j(a) + q_j > g_j(b) \\ 0 & \text{se } g_j(a) + p_j \leq g_j(b) \\ \theta & \text{altrimenti} \end{cases} \quad \theta = \frac{p_j + g_j(a) - g_j(b)}{p_j - q_j}$$

Esempio

		F	SD	SC	RM	E
Progetto 1	P1	-14	90	0	40	100
Progetto 2	P2	129	100	0	0	0
Progetto 3	P3	-10	50	0	10	100
Progetto 4	P4	44	90	0	5	0
Progetto 5	P5	-14	100	0	20	40

	F	SD	SC	RM	E
indiff. q	25	16	0	12	10
pref. p	50	24	1	24	20
pesi	1	1	1	1	1

$C_1(P2, P5) = 1$ essendo $129 + 25 \geq -14$

$C_2(P2, P5) = 1$ essendo $100 + 16 \geq 100$

$C_3(P2, P5) = 1$ essendo $0 + 0 \geq 0$

$C_4(P2, P5) = 0,33$ essendo $0 + 12$ not ≥ 20 and $0 + 24$ not $\leq 20 \Rightarrow$

$$\Theta = (24 + 0 - 20) / (24 - 12) = 0,333$$

$C_5(P2, P5) = 0$ essendo $0 + 20$ not ≥ 40

$$\Rightarrow C(P2, P5) = (1 * 1 + 1 * 1 + 1 * 1 + 1 * 0,333 * 1 * 0) / (1 + 1 + 1 + 1) = 0,667$$

Esempio

- Matrice di concordanza

C	P1	P2	P3	P4	P5
P1	1	0,8	1	0,8	1
P2	0,6	1	0,8	1	0,67
P3	0,6	0,6	1	0,6	0,8
P4	0,6	0,8	0,8	1	0,75
P5	0,67	0,8	0,8	0,8	1

Nota: se non ci sono thresholds la matrice diventa simmetrica con $C(P_i, P_j) + C(P_j, P_i) = 1$

Problema: come la matrice di concordanza induce un ordinamento?

Metodo ELECTRE: Indice di Discordanza, credibilità

- Il concetto di **discordanza** $D(a,b)$ introduce un threshold **v veto** che dà la possibilità di rifiutare totalmente la relazione aSB, se esiste **almeno** un j tale che
- $g_j(b) > g_j(a) + v_j$
- Nell'esempio ipotizziamo un veto v_F per il criterio finanziario pari a 100 =>
- $\Rightarrow g_F(P2) > g_F(P1) + v_F \Rightarrow 129 > -14 + 100$
- $\Rightarrow D(P1,P2) = 1.00$

Metodo ELECTRE: Ranking

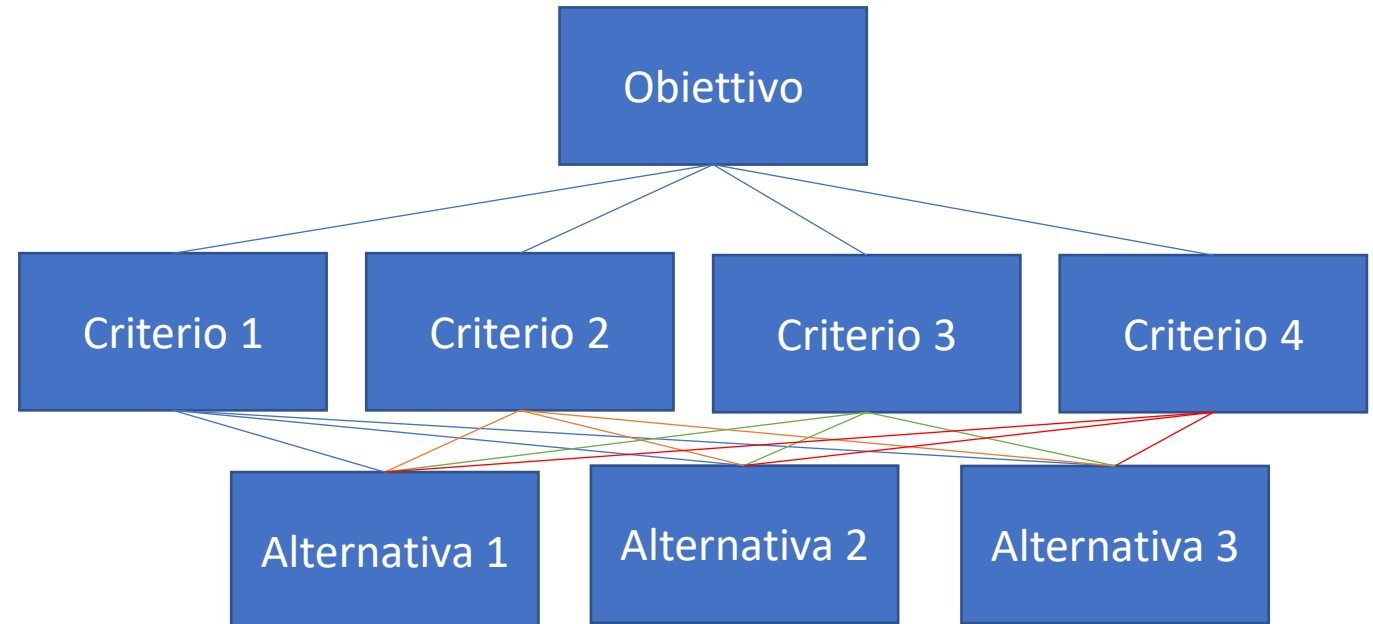
- Ranking parziale
- Grafo delle dominanze
- Si individua un kernel (grafo ciclico)
- Si individuano delle classi di alternative dominate
- Regole di aggregazione possono dare un ordinamento completo anche tramite l'uso di concordanza/discordanza (esempio gare)

Esempio P1 -> P2 -> P4 -> P5 -> P3

AHP



- la formulazione delle alternative (o scenari);
- la valutazione delle alternative, cioè delle conseguenze che hanno nel futuro (tale valutazione viene effettuata in base ad uno o più criteri, eventualmente quantificabili tramite indicatori);
- la scelta, ossia la selezione di un'opzione, tra quelle prese in considerazione, in base all'esito della valutazione effettuata.



Come l'AHP funziona

L'AHP considera una serie di criteri di valutazione, e una serie di opzioni alternative tra le quali la decisione migliore è quella di essere fatta. È importante notare che, poiché alcuni dei criteri potrebbe essere contrastante, non è vero in generale che la soluzione migliore è quella che ottimizza ogni singolo criterio, piuttosto quello che raggiunge il più adatto trade-off tra i diversi criteri.

L'AHP genera un peso per ciascun criterio di valutazione in base alla confronti a coppie del decisore dei criteri. Più alto è il peso, il più importante corrispondente criterio. Successivamente, per un criterio fisso, l'AHP assegna un punteggio ad ogni opzione in base alla confronti a coppie del decisore delle opzioni sulla base di tale criterio. Più alto è il punteggio, migliore è la prestazione dell'opzione rispetto al criterio considerato. Infine, l'AHP combina i pesi criteri e punteggi opzioni, determinando così un punteggio globale per ogni opzione, e una conseguente graduatoria. Il punteggio globale per una determinata opzione è una somma ponderata dei punteggi ottenuti che rispetto a tutti i criteri.

Opzioni Alternative

Criteri valutazioni

Importanza relativa
dei criteri (Peso)

Per un definito criterio
si definiscono i
punteggi per le varie
alternative

Caratteristiche della AHP

L'AHP è uno strumento molto flessibile e potente, perché i punteggi, e quindi la classifica finale, si ottengono sulla base delle coppie valutazioni relative sia i criteri e le opzioni fornite dall'utente. I calcoli effettuati dal AHP sono sempre guidate dall'esperienza del decisore, e l'AHP possono quindi essere considerate come uno strumento che è in grado di tradurre le valutazioni (qualitativi e quantitativi) realizzati dal decisore in una classifica multicriterio. Inoltre, l'AHP è semplice perché non c'è bisogno di costruire un sistema esperto complesso con la conoscenza del decisore incorporato in esso.

D'altra parte, l'AHP può richiedere un gran numero di valutazioni da parte dell'utente, in particolare per i problemi con molti criteri e opzioni. Anche se ogni singola valutazione è molto semplice, dal momento che richiede solo il decisore per esprimere quanto due opzioni o criteri confrontano l'un l'altro, il carico del compito di valutazione può diventare irragionevole. In realtà il numero di confronti a coppie cresce quadratico con il numero di criteri e opzioni. Ad esempio, quando si confrontano 10 alternative su 4 criteri, $4 \cdot 3/2 = 6$ confronti sono richieste per costruire il vettore dei pesi, e $4 \cdot (10 \cdot 9/2) = 180$ confronti a coppie sono necessarie per costruire la matrice punteggio.

Tuttavia, al fine di ridurre il carico di lavoro del decisore AHP può essere completamente o parzialmente automatizzato specificando valori limite adeguati per decidere automaticamente alcuni confronti a coppie.



L'AHP è flessibile e potente

È guidato dall'esperienza del decisore

Si possono combinare valori qualitativi e quantitativi

Attuazione del AHP

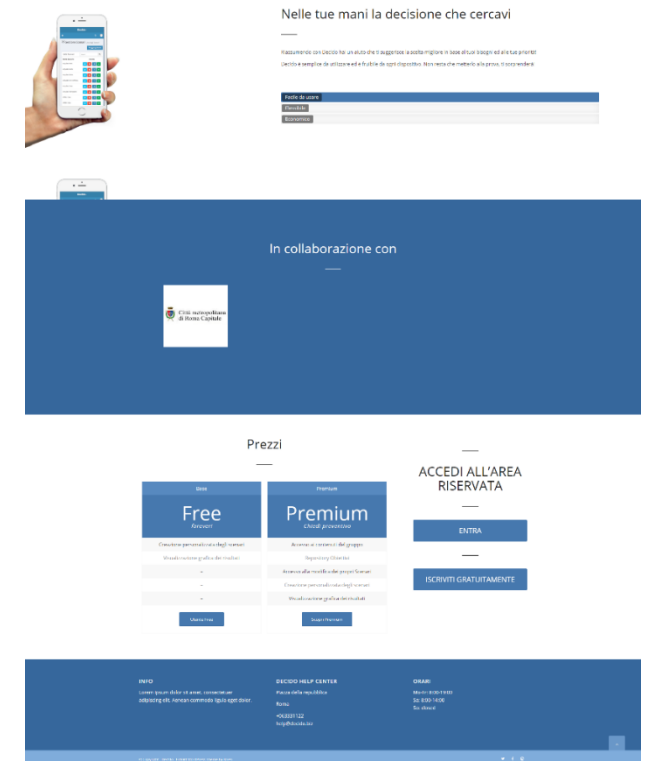
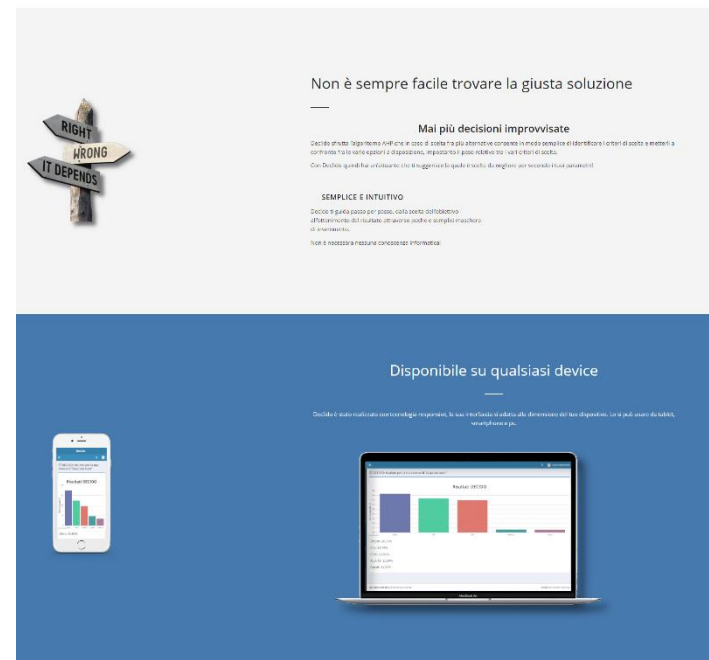
AHP può essere implementato in tre semplici fasi consecutive:

Per i calcoli matematici si utilizzano matrici di confronto e calcoli matriciali.



DEC!DO

Decisore Multicriteriale basato su algoritmo AHP



Città metropolitana
di Roma Capitale

www.cittametropolitanaroma.it

SEC

DEC!DO

Decisore Multicriteriale basato su algoritmo AHP

Dashboard utente



Ha accesso ad un elenco di obiettivi/criteri pre impostati o crearne di suoi e fare il run dell'algoritmo



Città metropolitana
di Roma Capitale

www.cittametropolitanaroma.it



DEC!DO

Decisore Multicriteriale basato su algoritmo AHP

Dashboard



Scenari
generati

Dec!do Andrea Furlan

Gestione Scenari Lista degli Scenari + Aggiungi Nuovo

MAIN NAVIGATION

- Dashboard
- Obiettivi
- Scenari
- Criteri
- Alternative

Lista Scenari

Nome Scenario	Data	Actions
Acquisto Auto	2020-07-07 14:01:25	
Acquisto Baita	2020-07-09 16:37:52	
Acquisto Baita	2020-07-09 16:37:52	
Acquisto Bici Elettrica	2020-06-30 14:33:55	
Acquisto Bici Elettrica	2020-10-09 20:43:00	
Acquisto Casa		
Acquisto Casa	2020-10-07 17:07:40	
Acquisto Stampante	2020-07-09 17:07:37	
Affitto Casa		
Affitto Casa	2020-06-26 16:47:49	
Bici Elettrica	2020-07-03 08:09:51	
Noleggio Furgone	2020-06-26 17:31:43	
Test	2020-06-30 06:42:17	

Copyright © 2020-2021 Dec!do. All rights reserved. Dec!do Admin System | Version 2.1



Città metropolitana
di Roma Capitale

www.cittametropolitanaroma.it

SEC

DEC!DO

Decisore Multicriteriale basato su algoritmo AHP

Schermata parametri



Si può richiamare una simulazione già effettuata e modificarne i dati e/o effettuare la simulazione nuovamente

Inserisci i pesi allo Scenario "Acquisto Auto"

Inserisci Pesii

Stile Consumo Carburante

Affidabilità 2 4

Stile 5

Inserisci i pesi per i criteri considerando quanto ritieni importante il Criterio sulla riga rispetto a quello sulla colonna

Imposta le alternative per il criterio Affidabilità

Saturn Escort Clio Audi A5

Civic 2 13 5 1 5

Saturn 2 0.25 24

Escort 0.15 22

Clio 27

Inserisci i pesi per le alternative considerando quanto ritieni importante il l'alternativa sulla riga rispetto a quello sulla colonna in merito allo specifico criterio

Imposta le alternative per il criterio Stile

Saturn Escort Clio Audi A5

Civic 0.2 27 54 10.25

Saturn 54 0.25 24

Escort 4 54

Clio 27

Inserisci i pesi per le alternative considerando quanto ritieni importante il l'alternativa sulla riga rispetto a quello sulla colonna in merito allo specifico criterio

Imposta le alternative per il criterio Consumo Carburante

Civic 24

Saturn 24

Escort 54

Clio 27

Audi A5 24

Inserisci il valore quantitativo dell'alternativa

Calcola Annulla

Copyright © 2020-2021 Decido. All rights reserved.

Decido Admin System | Version 2.1



Città metropolitana
di Roma Capitale

www.cittametropolitanaroma.it



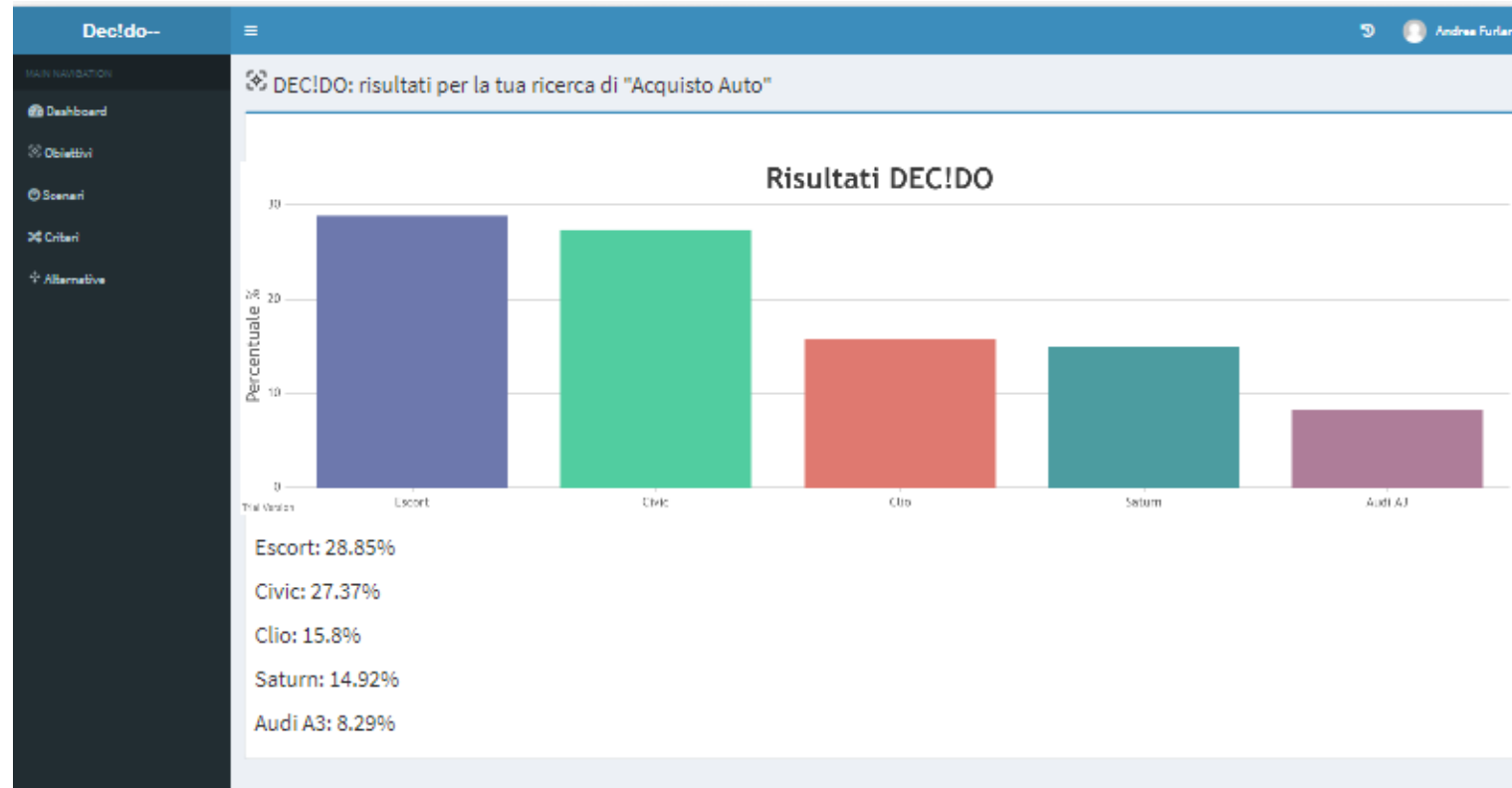
DEC!DO

Decisore Multicriteriale basato su algoritmo AHP

Risultati algoritmo decisionale



Eseguendo la simulazione si ottiene la risposta in base ai parametri scelti.
È sempre possibile riaprire lo scenario e modificare i parametri ed eseguire nuovamente l'algoritmo



Città metropolitana
di Roma Capitale

www.cittametropolitanaroma.it



Applicazioni Nelle gare

Applicazioni a gare di appalto

- Codice degli appalti
 - **decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50**, che regola la materia degli appalti pubblici di lavori, forniture, servizi e concessioni, e dei relativi contratti pubblici.
- Il codice ha disposto anche l'istituzione presso l'**ANAC**, con contestuale affidamento ad essa della gestione dell' «Albo nazionale obbligatorio dei componenti delle commissioni giudicatrici», delle procedure di affidamento dei contratti. Ai fini dell'iscrizione in tale albo, i soggetti interessati devono essere in possesso di requisiti di compatibilità e moralità, nonché di competenza e professionalità nello specifico settore a cui si riferisca il contratto, secondo i criteri e le modalità definiti dalla stessa ANAC, che li definisce con apposite **linee guida**.

Gare d'Appalto

- Codice degli appalti descrive
 - le caratteristiche che le stazioni appaltanti e le centrali di committenza devono possedere;
 - i requisiti che gli operatori economici, ovvero i soggetti privati o pubblici partecipanti alle gare d'appalto, devono necessariamente possedere;
 - **le procedure competitive e non competitive che devono essere seguite per affidare contratti pubblici**
- Ruolo dell'ANAC: monitoraggio, controllo, linee guida per l'istruzione delle gare

Criteri di valutazione per le gare

1. il prezzo;
2. la qualità;
3. il pregio tecnico;
4. le caratteristiche estetiche e funzionali;
5. le caratteristiche ambientali;
6. il costo di utilizzazione e manutenzione;
7. la redditività;
8. il servizio successivo alla vendita;
9. l'assistenza tecnica;
10. la data di consegna ovvero il termine di consegna o di esecuzione;
11. l'impegno in materia di pezzi di ricambio;
12. la sicurezza di approvvigionamento;
13. in caso di concessioni, altresì la durata del contratto, le modalità di gestione, il livello e i criteri di aggiornamento delle tariffe da praticare agli utenti.

Altri criteri

- Soglia tecnica
 - È ammissibile inoltre prevedere uno "sbarramento" per le offerte che non raggiungono un determinato livello qualitativo,
- Altri criteri di valutazione
 - Il bando per ciascun criterio di valutazione prescelto può prevedere, ove necessario, i sub-criteri e i sub-pesi o i sub-punteggi.

Documenti

Linee Guida n. 2, di attuazione del D.lgs. 18 aprile 2016, n. 50,
recanti “Offerta economicamente più vantaggiosa”

Approvate dal Consiglio dell'Autorità con Delibera n. 1005, del 21 settembre 2016

Aggiornate al D. lgs 19 aprile 2017, n. 56 con Delibera del Consiglio n. 424 del 2 maggio 2018

DETERMINAZIONE 24 novembre 2011.
Linee guida per l'applicazione dell'offerta economicamente più vantaggiosa nell'ambito dei contratti di servizi e forniture. (Determinazione n. 7) (11A16092) Pag. 41



AVVISO AL PUBBLICO

**Nuovo
Codice dei
contratti pubblici
2019**
**Decreto legislativo
18 aprile 2016, n. 50**

Linee guida criteri di valutazione

- L'idea sottostante al nuovo criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa è che **la pubblica amministrazione quando acquista lavori, servizi o forniture non deve badare esclusivamente a un risparmio sui costi ma deve anche considerare la qualità di ciò che viene acquistato.**
- In sostanza, si crea di regola un **trade-off tra costo e qualità** e la gara è considerata come il modo più idoneo per garantire il miglior bilanciamento tra queste due esigenze.
- Nella fase del **disegno della gara** la stazione appaltante (qualificata) deve **individuare concretamente i propri obiettivi** (di regola molteplici), **attribuire un peso relativo a ciascuno di essi, definire le modalità attraverso cui viene valutato il grado di adeguatezza di ciascuna offerta rispetto al singolo obiettivo, nonché sintetizzare le informazioni relative a ciascuna offerta in un unico valore numerico finale.**

Criteri di valutazione - esempi

- a) qualità (pregio tecnico, caratteristiche estetiche e funzionali, accessibilità, certificazioni e attestazioni in materia di sicurezza e salute dei lavoratori, caratteristiche sociali, ambientali, contenimento dei consumi energetici, caratteristiche innovative, commercializzazione e relative condizioni);
- b) possesso di un marchio di qualità ecologica dell'Unione europea (Ecolabel UE)
- c) costo di utilizzazione e manutenzione
- d) compensazione delle emissioni di gas ad effetto serra
- e) organizzazione, qualifiche ed esperienza del personale effettivamente utilizzato nell'appalto, qualora la qualità del personale incaricato possa avere un'influenza significativa sul livello dell'esecuzione dell'appalto;
- f) servizio successivo alla vendita e assistenza tecnica;
- g) condizioni di consegna o di esecuzione del servizio.

Ponderazione

- I “pesi” o “punteggi” (e i sub pesi o sub punteggi) di ponderazione sono il valore attribuito dalla stazione appaltante a ciascun criterio (o sub criterio).
- Il punteggio attribuito a ciascuno dei criteri di valutazione deve essere tale da non alterare l’oggetto dell’affidamento; a tal proposito è opportuno:
 - a) ripartire proporzionalmente i punteggi tra i criteri afferenti all’oggetto principale e agli oggetti secondari dell’affidamento.
 - b) attribuire un punteggio limitato o non attribuire alcun punteggio ai criteri relativi a profili ritenuti non essenziali in relazione alle esigenze della stazione appaltante.
- La somma dei punteggi deve essere pari a 100, in quanto si tratta di un criterio intuitivo per i partecipanti alla procedura di aggiudicazione.

Criteri quantitativi

Interpolazione lineare

$$V_{ai} = R_a / R_{max}$$

V_{ai} = Coefficiente della prestazione dell'offerta (a) rispetto al requisito (i), variabile tra 0 e 1

R_a = Valore (ribasso) offerto dal concorrente a

R_{max} = Valore (ribasso) dell'offerta più conveniente

Criteri qualitativi

Due opzioni

a) l'attribuzione discrezionale di un coefficiente (da moltiplicare poi per il punteggio massimo attribuibile in relazione al criterio), variabile tra zero e uno, da parte di ciascun commissario di gara;

b) il confronto a coppie tra le offerte presentate, da parte di ciascun commissario di gara.

Confronto a coppie AHP

- Nel caso in cui si scelga di attribuire i coefficienti con il criterio del confronto a coppie il confronto avviene sulla base delle preferenze accordate da ciascun commissario a ciascun progetto in confronto con tutti gli altri, secondo i parametri contenuti nei documenti di gara.
- Ciascun commissario confronta l'offerta di ciascun concorrente indicando quale offerta preferisce e il grado di preferenza, variabile tra 1 e 6 (1 - nessuna preferenza; 2 - preferenza minima; 3 - preferenza piccola; 4 - preferenza media; 5 - preferenza grande; 6 - preferenza massima), eventualmente utilizzando anche valori intermedi.

Confronto a coppie

	B	C	D	E	F	...	N
A							
	B						
		C					
			D				
				E			
					...		
						N-1	

Al termine del confronto a coppie

1. si trasforma, per ciascun commissario, la somma dei coefficienti attribuiti mediante il "confronto a coppie", in coefficienti variabili tra zero e uno e si calcola la media dei coefficienti di ciascun commissario attribuendo uno al concorrente che ha ottenuto il coefficiente medio più alto e agli altri concorrenti un punteggio conseguentemente proporzionale al coefficiente raggiunto;
2. si trasforma la somma dei coefficienti attribuiti dai singoli commissari mediante il "confronto a coppie" in coefficienti variabili tra zero ed uno;

Formazione della graduatoria

Metodo aggregativo compensatore,

Metodo Electre,

Metodo AHP,

Topsis.

Metodo aggregativo compensatore

- Il metodo aggregativo compensatore, semplice e intuitivo, è il più utilizzato dalle stazioni appaltanti; si basa sulla sommatoria dei coefficienti attribuiti per ciascun criterio, ponderati per il peso relativo del criterio. A ciascun candidato il punteggio viene assegnato sulla base della seguente formula:

$$P_i = \sum_n [W_i * V_{ai}]$$

dove:

P_i = Punteggio dell'offerta i -esima

n = numero totale dei requisiti

W_i = peso o punteggio attribuito al requisito i ;

V_{ai} = coefficiente della prestazione dell'offerta a rispetto al requisito (i) variabile tra zero ed uno.

Esempi su Excel Electre TOPSIS AHP

I3														=(H3-MIN(\$H\$3:\$H\$5))/(MAX(\$H\$3:\$H\$5) - MIN(\$H\$3:\$H\$5))																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
A														B														C														D														E														F														G														H														I														J														K														L														M																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1														Subcriterio A1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

Ottimizzazione / Programmazione Matematica



Ottimizzazione

Ottimizzazione: è una branca della matematica applicata che studia teoria e metodi per la ricerca dei punti di massimo e minimo di una funzione matematica all'interno di un dominio specificato.

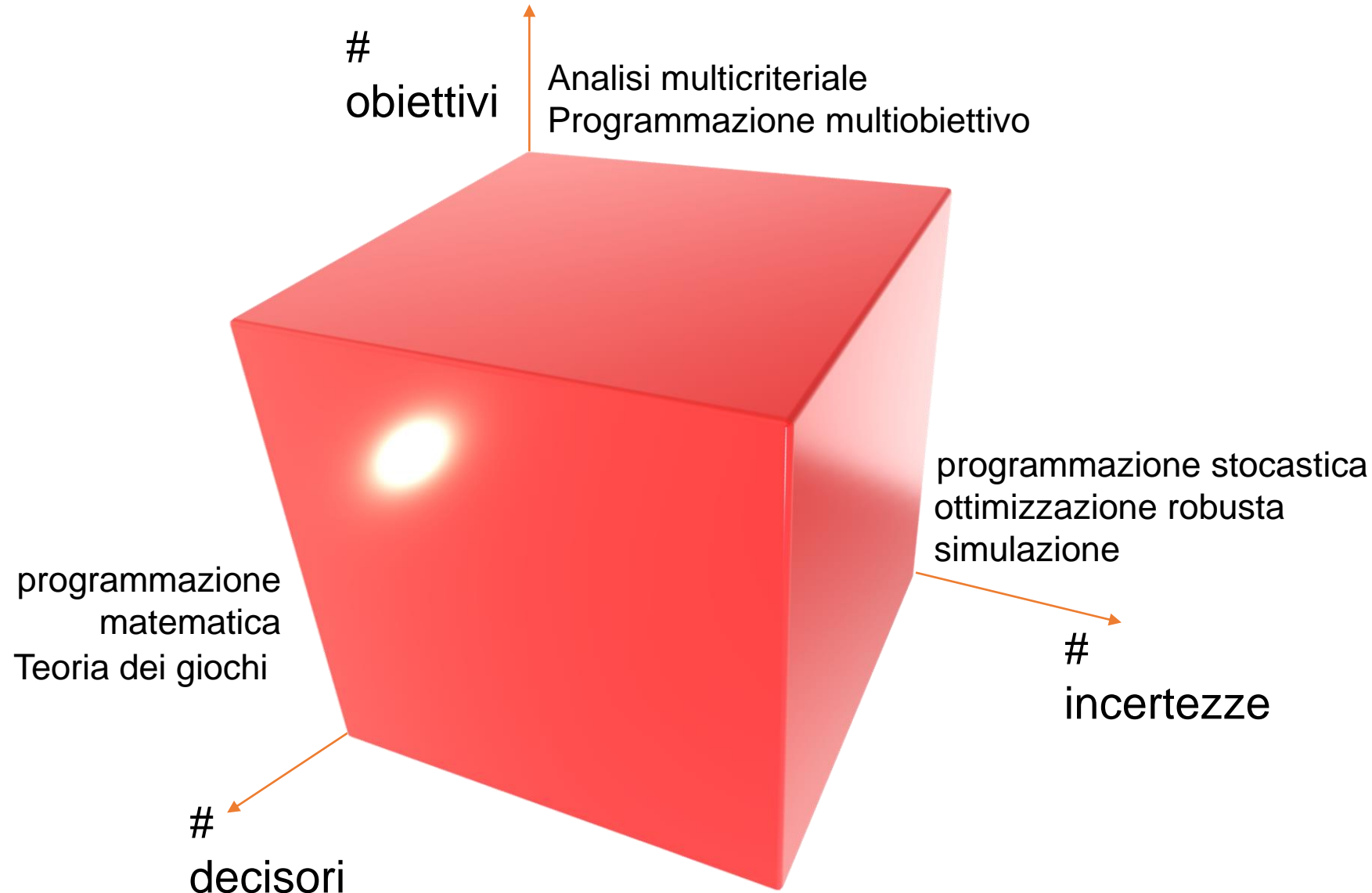
Ricerca Operativa: è la branca della matematica applicata in cui problemi decisionali complessi vengono analizzati e risolti mediante modelli matematici e metodi quantitativi avanzati (ottimizzazione, simulazione, ecc.) come supporto alle decisioni stesse. La ricerca operativa riveste un ruolo importante nelle attività decisionali perché permette di operare le scelte migliori per raggiungere un determinato obiettivo rispettando vincoli che sono imposti dall'esterno e non sono sotto il controllo di chi deve compiere le decisioni.

Ricerca operativa

è la branca della matematica applicata in cui problemi decisionali complessi vengono analizzati e risolti mediante modelli matematici e metodi quantitativi avanzati (ottimizzazione, simulazione, ecc.) come supporto alle decisioni stesse.



Dimensioni della Ricerca Operativa



Ottimizzazione: steps

Raccolta dati

Identificazione del problema

Formulazione del problema

- Variabili
 - Endogene «variabili»
 - Esogene «parametri»
- F. obiettivo
- Vincoli del problema

Soluzione del problema

Validazione della soluzione

Esempio

Determinare il network distributivo. Si deve determinare quali link impianto -> warehouse e warehouse -> cliente aprire. L'obiettivo è quello di minimizzare i costi rispettando alcuni vincoli di capacità e di domanda

- Due impianti, p1 e p2
- Capacità max dell'impianto p2 pari a 60000 pezzi annui
- Costi di produzioni uguali per i due impianti
- 2 magazzini (warehouse) w1 e w2 con identici costi
- Il mercato può essere aggregato in 3 zone c1, c2, e c3 con domanda rispettivamente pari a 50000, 100000, e 50000

Esempio

costi

U Cost (€)					
warehouse	p1	p2	c1	c2	c3
w1	0	4	3	4	5
w2	5	2	2	1	2

Plant	Capacity	unit cost
p1		0
p2	60000	0
Market area	demand	unit cost
c1	50000	0
c2	100000	0
c3	50000	0

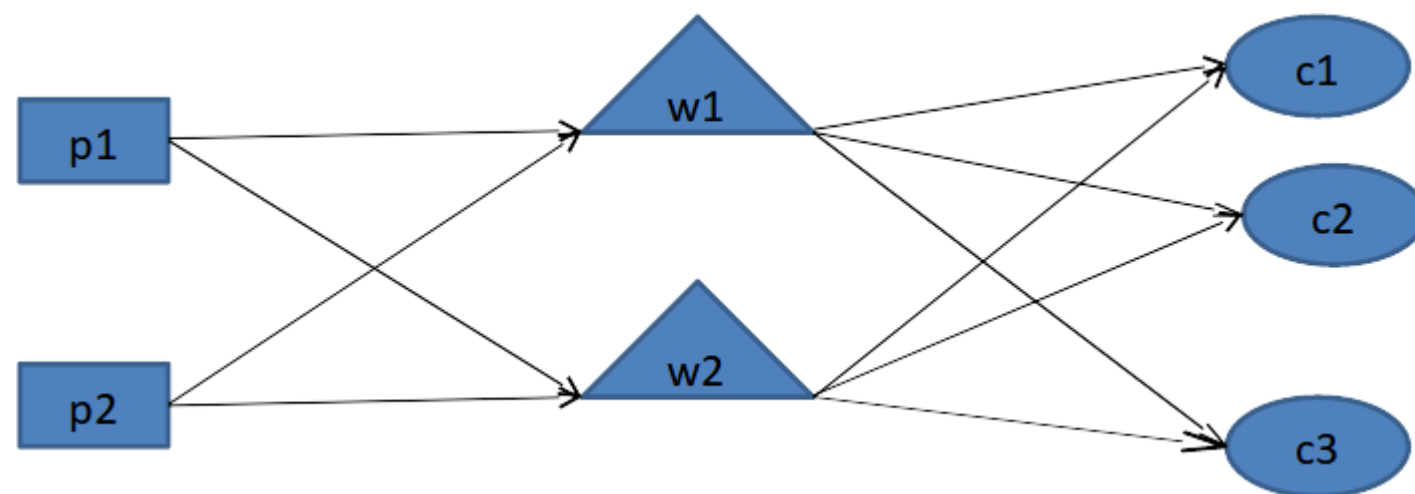
1. Vincoli di capacità

2. Soddisfare la domanda

3. Conservazione del flusso:

Quello che entra nei magazzini è pari a quello che esce

Esempio



Esempio

$$\begin{aligned} Z = & 0x(p_1, w_1) + 5x(p_1, w_2) + 4x(p_2, w_1) + 2x(p_2, w_2) + 3x(w_1, c_1) \\ & + 4x(w_1, c_2) + 5x(w_1, c_3) + 2x(w_2, c_1) + x(w_2, c_2) + 2x(w_2, c_3) \end{aligned} \quad (1)$$

$$s.t. \quad x(p_2, w_1) + x(p_2, w_2) \leq 60000 \quad (2)$$

$$x(p_1, w_1) + x(p_2, w_1) = x(w_1, c_1) + x(w_1, c_2) + x(w_1, c_3) \quad (3)$$

$$x(p_1, w_2) + x(p_2, w_2) = x(w_2, c_1) + x(w_2, c_2) + x(w_2, c_3) \quad (4)$$

$$x(w_1, c_1) + x(w_2, c_1) = 50000 \quad (5)$$

$$x(w_1, c_2) + x(w_2, c_2) = 100000 \quad (6)$$

$$x(w_1, c_3) + x(w_2, c_3) = 50000 \quad (7)$$

$$x \geq 0$$

Esempio 2

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
2															
3															
4															
5															
6															
7	impianto	capacità			cliente	domanda									
8	p1				c1	50000									
9	p2	60000			c2	100000									
10					c3	50000									
11															
12	costi	impianti		consumatori				variabili	impianti		consumatori			flussi	
13	warehouse	p1	p2	c1	c2	c3		warehouse	p1	p2	c1	c2	c3	Tot p->w	tot w->c
14	w1	0	4	3	4	5		w1	140000	0	50000	90000	0	140000	140000
15	w2	5	2	2	1	2		w2	0	60000	0	10000	50000	60000	60000
16															
17								TOT P	140000	60000					
18								TOT C			50000	100000	50000		
19															
20															
21								F obiettivo			740000				
22															

Esempio

Parametri Risolutore

Imposta obiettivo:

A: ☐ Max ☒ Min ☐ Valgre di:

Modificando le celle variabili:

Soggette ai vincoli:

\$K\$17 <= \$C\$9
\$L\$18 = \$G\$8
\$M\$18 = \$G\$9
\$N\$18 = \$G\$10
\$O\$14 = \$P\$14
solver_lhs7 = solver_rhs7

Aggiungi
Cambia
Elimina
Reimposta tutto
Carica/Salva

☒ Rendi non negative le variabili senza vincoli

Selezionare un metodo di risoluzione:

Opzioni

Metodo di risoluzione

Selezionare il motore GRG non lineare per i problemi lisci non lineari del Risolutore. Selezionare il motore Simplex LP per i problemi lineari e il motore evolutivo per i problemi non lisci.

Guida **Risolvi** Chiudi

AMPL
PYOMO



CPLEX
GUROBI
XPRESS
CLP/CBC
IPOPT

The diagram illustrates a three-layered plate element in a 3D coordinate system with axes x , y , and z . The plate consists of three layers: a top layer of thickness t_s , a middle layer of thickness t_c , and a bottom layer of thickness t_i . The total thickness is Z . The top surface is at Z_s and the bottom surface is at Z_i . Various forces and moments are shown acting on the faces of the element:

- Top Surface (Z_s):**
 - Normal forces: n_x (along x), n_y (along y), n_{xy} (shear).
 - Moments: m_x (about x), m_y (about y), m_{xy} (couple).
- Bottom Surface (Z_i):**
 - Normal forces: n_{xi} (along x), n_{yi} (along y), n_{xyi} (shear).
 - Moments: n_{xys} (about x), n_{yxs} (about y).
- Internal Forces (at interfaces):**
 - At the top interface (Z_s): n_{xs} , n_{ys} , n_{xys} , n_{yxs} .
 - At the bottom interface (Z_i): n_{xi} , n_{yi} , n_{xyi} , n_{xyis} .

Gabriele Bertagnoli^{1*}, Luca Giordano¹, and Simona Mancini²

² DAUIN, Politecnico di Torino, Corso Duca Degli Abruzzi 24, 10129, Torino, Italy

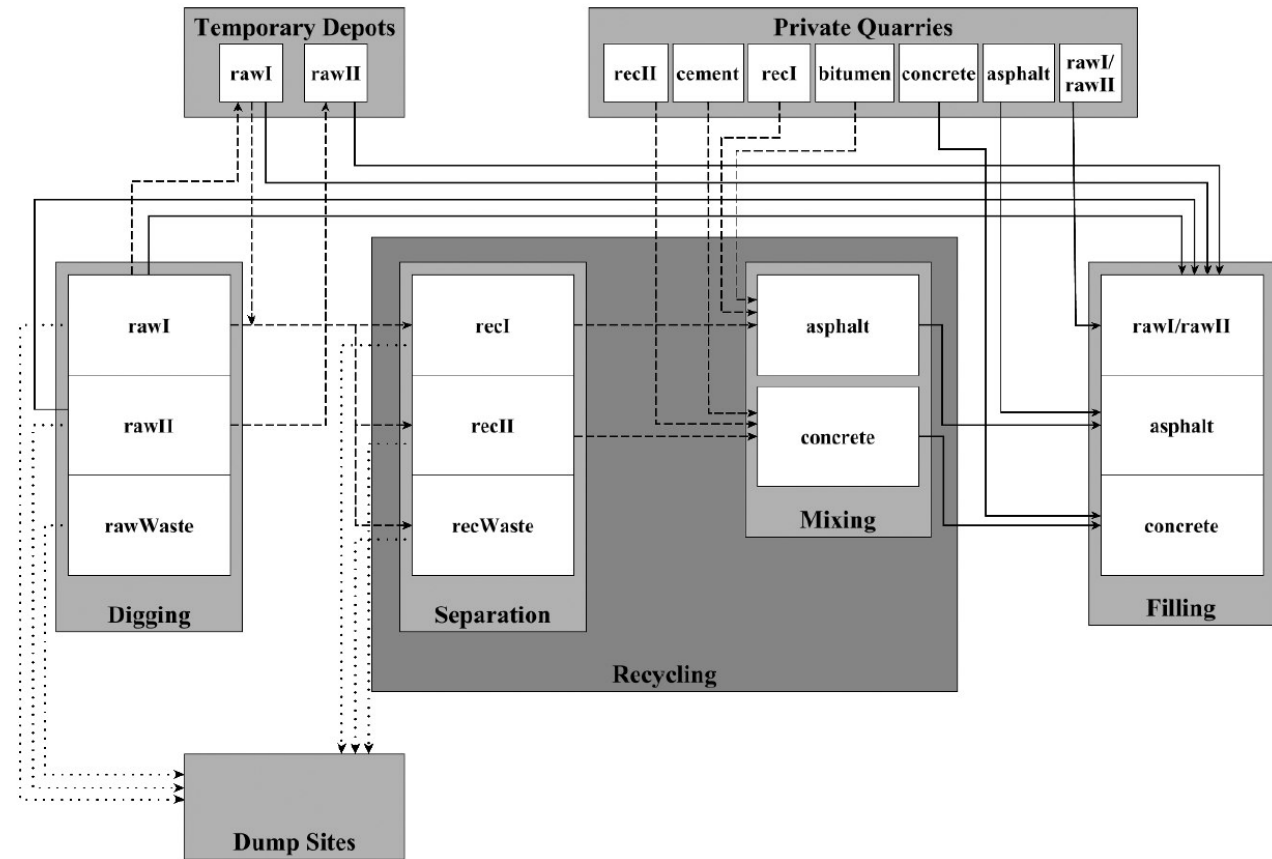
Published online XXXX

MSC (2000) 00-xx

Bertagnoli, G., Giordano, L., & Mancini, S. (2014). Optimization of concrete shells using genetic algorithms. *ZAMM-Journal of Applied Mathematics and Mechanics/Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik*, 94(1-2), 43-54.

Applicazioni della Ricerca operativa in civil engineering

Two phases earthwork optimization model for highway construction



Bogenberger, C., Dell'Amico, M., Fuellerer, G., Hoefinger, G., Iori, M., Novellani, S., & Panucci, B. (2015). Two-phase earthwork optimization model for highway construction. *Journal of construction engineering and management*, 141(6), 05015003

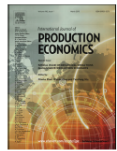
Altre applicazioni



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Int. J. Production Economics

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ijpe



Optimisation of freight flows and sourcing in sustainable production and transportation networks



Giacomo Liotta^a, Giuseppe Stecca^{b,c,*}, Toshiya Kaihara^c

^a Department of Technology and Innovation, University of Southern Denmark, Campusvej 55, DK-5230 Odense M, Denmark

^b Istituto di Analisi dei Sistemi ed Informatica del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Via dei Taurini 19, 00185 Roma, Italy

^c Graduate School of System Informatics, Kobe University, I-1, Rokkodai, Nada, 657-8501 Kobe, Japan

ARTICLE INFO

Article history:

Received 27 December 2013

Accepted 6 December 2014

Available online 15 December 2014

Keywords:

Mixed integer linear programming

Supply chain network

Bill-of-Materials

Multi-commodity flow

Multi-modal transport

Sustainability

Carbon footprint

ABSTRACT

Global supply chains require integrated cost optimisation of sourcing, production and distribution through flexible networks of suppliers, manufacturers and logistics operators. The minimisation of environmental impacts of freight flows must be considered for sustainable development and should turn into a competitive advantage. To these aims, the paper presents a model integrating supply, production networks and sustainable freight transportation for strategic and tactical decision-making. Bill-of-Materials constraints are included in the model. The objective function considers sourcing, production and transportation costs as well as carbon dioxide emissions as environmental impacts of transport over a multimodal network. Computational experiments demonstrate the effectiveness of the model for cost-emissions analysis.

© 2014 Elsevier B.V. All rights reserved.

Computers & Industrial Engineering 122 (2018) 140–148



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Computers & Industrial Engineering

journal homepage: www.elsevier.com/locate/caie



A large neighborhood search based matheuristic for the tourist cruises itinerary planning



Simona Mancini^a, Giuseppe Stecca^{b,*}

^a Department of Mathematics and Computer Science, University of Cagliari, Italy

^b Institute for Systems Analysis and Computer Science, CNR – IASI, Rome, Italy

ARTICLE INFO

Keywords:

Rich vehicle routing

Liner network design

Matheuristics

Large neighborhood search

Tourism management

ABSTRACT

The planning of itineraries for tourist cruises is a complex process where several features, such as vessel selection, port services, and requirements for point of interest to be inserted in each tour, must be addressed. The present work models the tour planning problem as a variant of vehicle routing problem considering specific constraints such as: fixed number of tours, not mandatory visits of all nodes, multiple time windows, possibility to choose among different travel speed values. The resulting mathematical formulation leads to a complex model for which commercial solvers fail to solve large instances in a reasonable time. To overcome this issue we propose a Large Neighborhood Search based matheuristic, in which an over-constrained version of the mathematical model is used to exhaustively and efficiently explore large neighborhoods. Test results performed on a real case instances demonstrate effectiveness of the proposed approach.

Design and operation of strategic inventory control system for drug delivery in healthcare industry

Giuseppe Stecca^{*} Ilaria Baffo^{**} Toshiya Kaihara^{***}

^{*} Institute of Systems Analysis and Computer Science “Antonio Ruberti”, National Research Council CNR - IASI, Via dei Taurini 19, 00185 Rome, Italy (e-mail: giuseppe.stecca@iasi.cnr.it).

^{**} DEIM - Industrial Engineering School, University of Tuscia, 01100 Viterbo, Italy (e-mail: ilaria@studiobaffo.it)

^{***} Graduate School of System Informatics, University of Kobe, Kobe, Japan, (e-mail: kaihara@kobe-u.ac.jp)

Abstract: Several factors such as the raise in healthcare expenditures impose growing pressures to improve efficiency in healthcare industry. Industrial engineering and operations research can be effectively used at this aim. This paper examines the optimization of a hospital's inventory costs where the central pharmacy of the hospital assumes a role of central decision maker

ntrol strategies
been developed
cludes into the
al requirements
are reported to
l.

ll rights reserved.
and


Soft Computing

<https://doi.org/10.1007/s00500-022-07148-y>

FOCUS



Price of robustness optimization through demand forecasting with an application to waste management

Claudio Gentile¹ · Diego Maria Pinto¹  · Giuseppe Stecca¹

Accepted: 14 April 2022

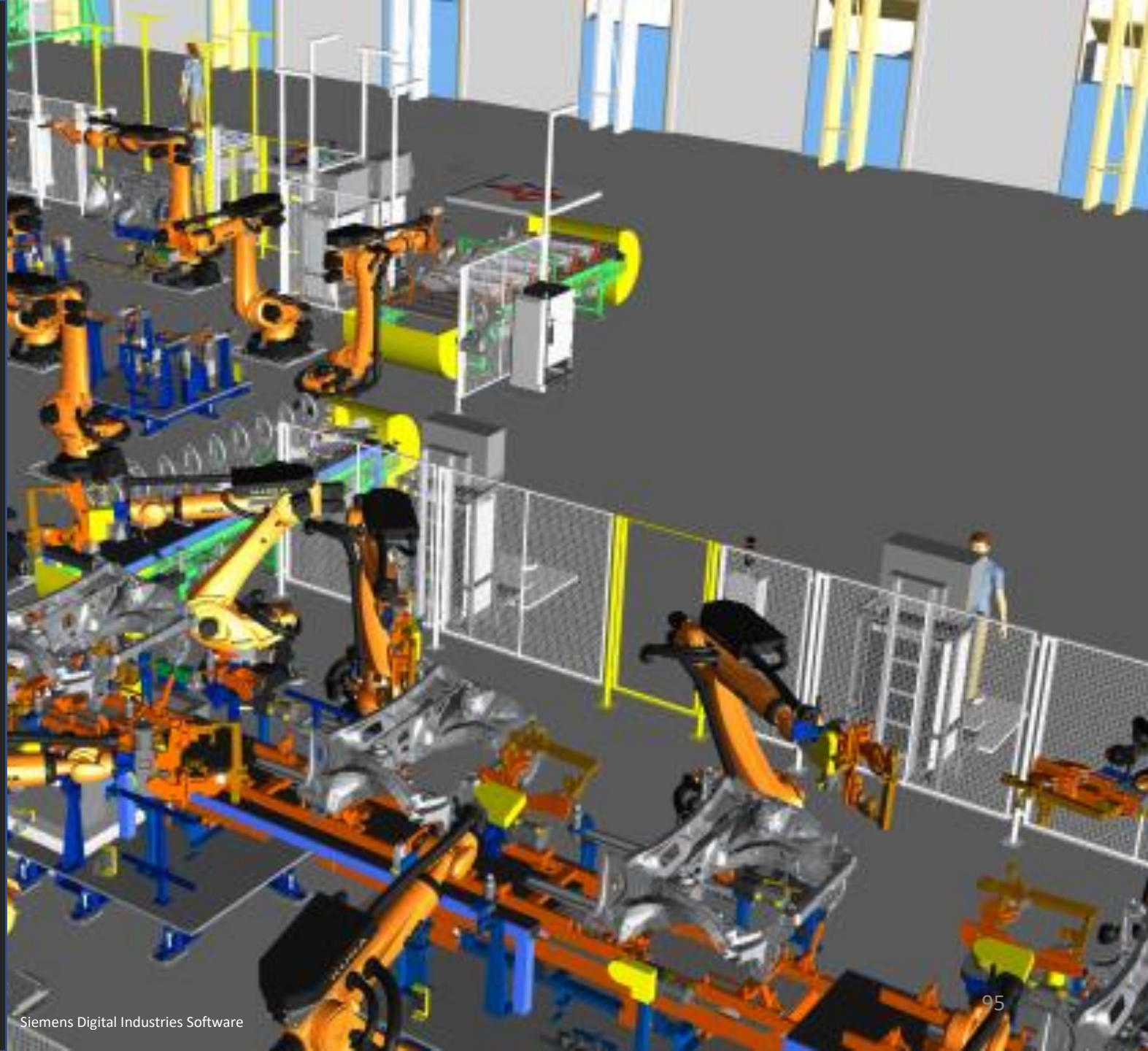
© The Author(s) 2022

Abstract

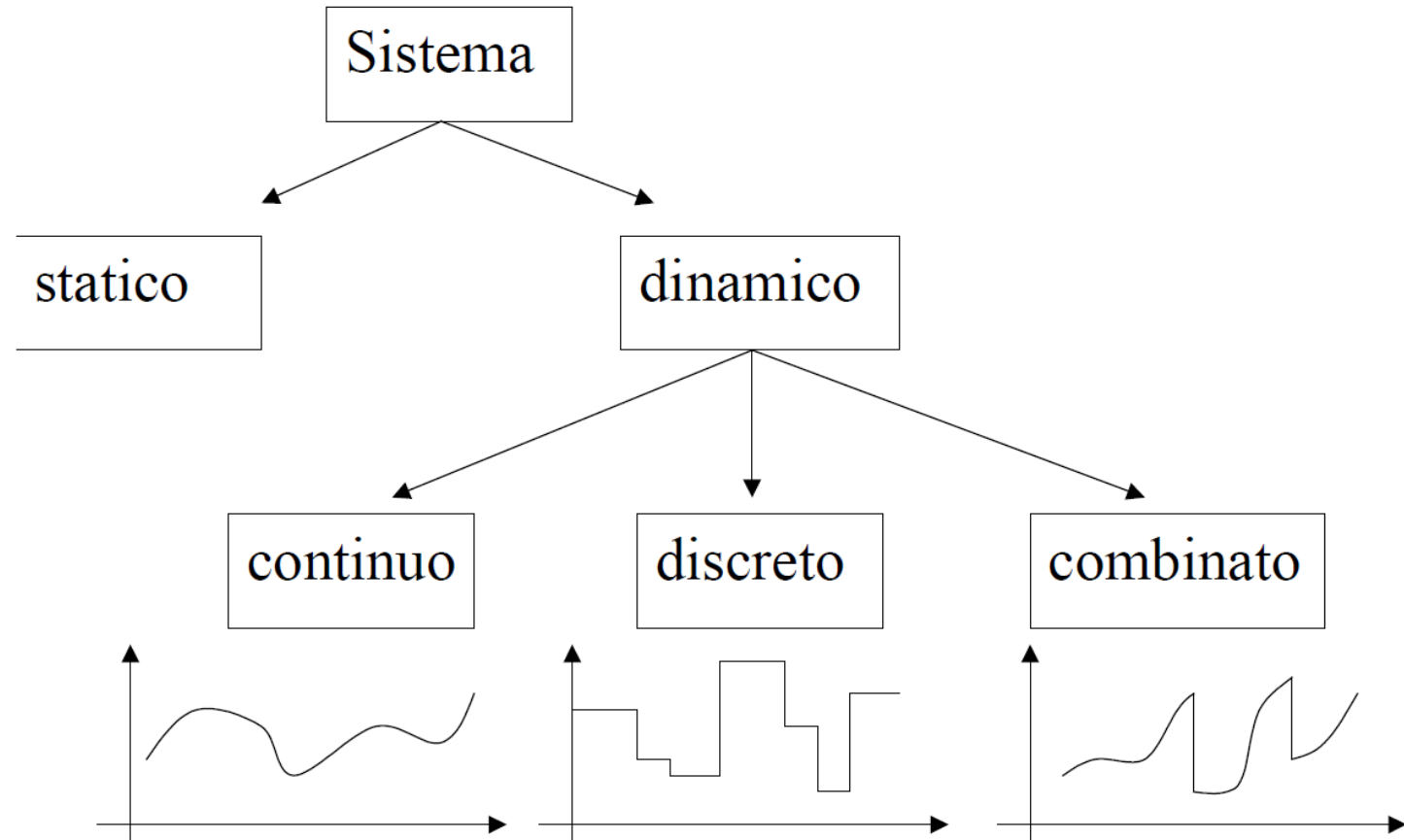
Robust optimization can be effectively used to protect production plans against uncertainties. This is particularly important in sectors where variability is inherent the process to be planned. The drawback of robust optimization is the chance of producing over-conservative solutions with respect to the real occurrences of the stochastic parameters. Information can be added in order to better control the extra cost resulting from considering the parameter variability. This work investigates how demand forecasting can be used in conjunction with robust optimization in order to achieve an optimal planning while considering demand uncertainties. In the proposed procedure, forecast is used to update uncertain parameters of the robust model. Moreover, the robustness budget is optimized at each planned stage in a rolling planning horizon. In this way, the parameters of the robust model can be dynamically updated tacking information from the data. The study is applied to a reverse logistics case, where the planning of sorting for material recycling is affected by uncertainties in the demand, consisting of waste material to be sorted and recycled. Results are compared with a standard robust optimization approach, using real case instances, showing potentialities of the proposed method.

Keywords Robust optimization · Lot sizing · Mixed-integer linear programming · Circular economy · Waste management

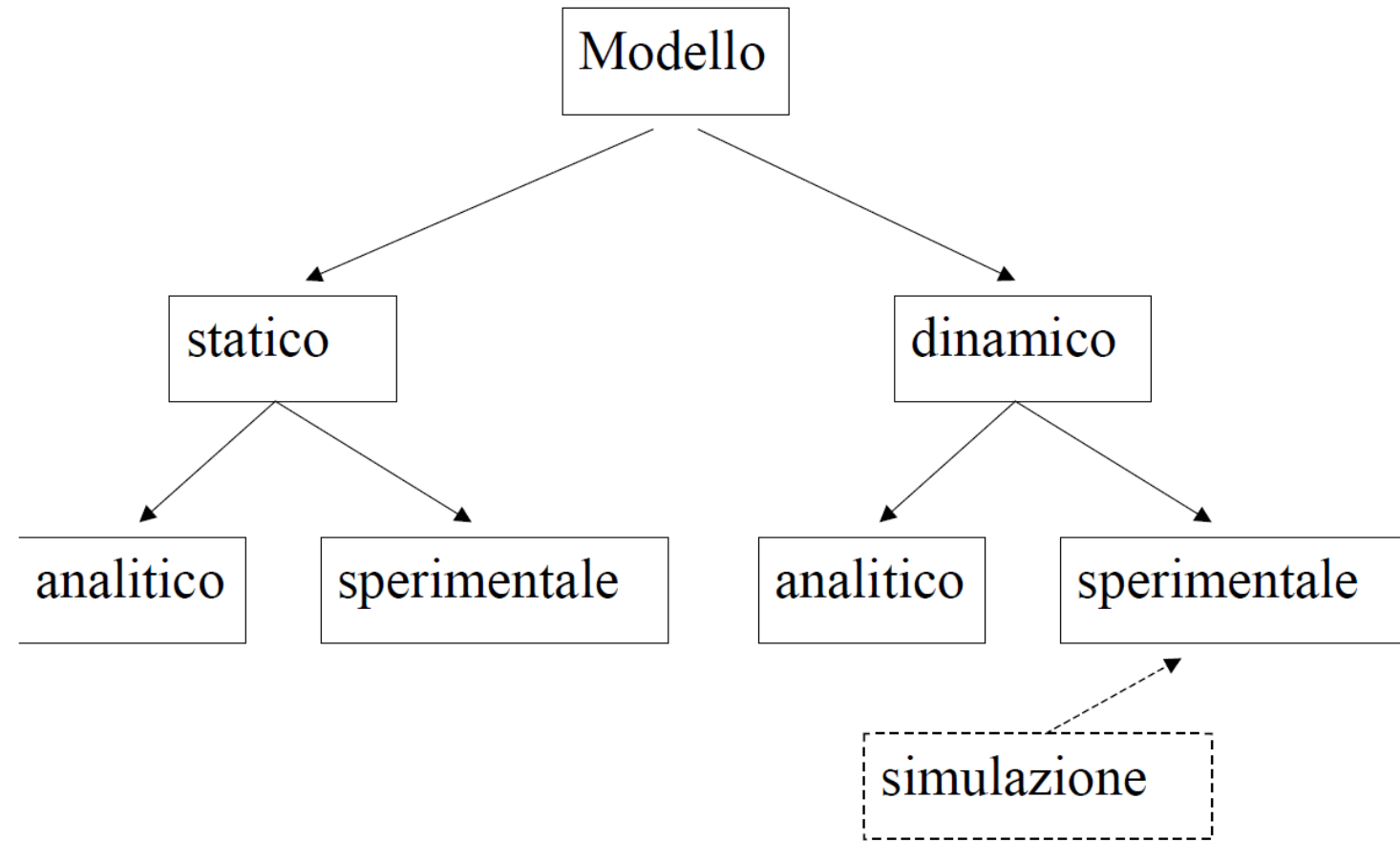
Simulazione ad eventi discreti



Sistema Discreto



Modello di Simulazione



Modello di simulazione

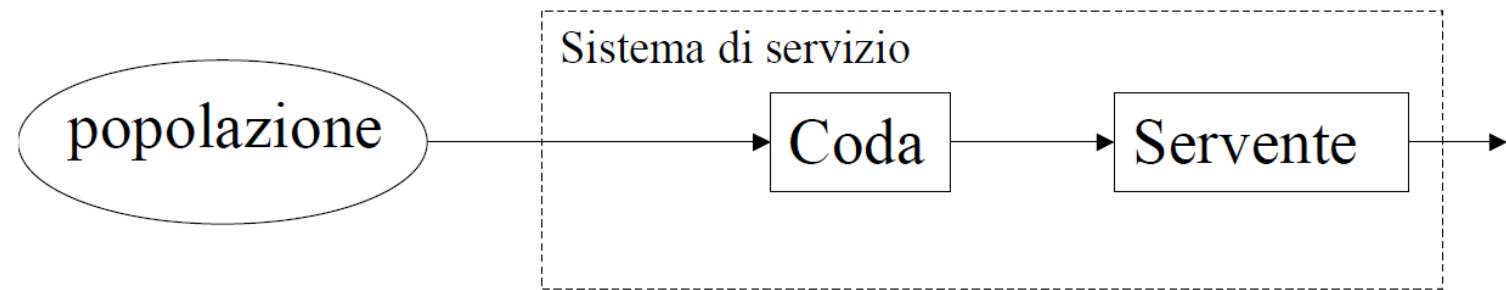


TABLE 3.1
Simulation of one- and two-facility scenarios

DP	CT	DT	NDS	One facility			Two facilities			
				SSD	ESD	NDD	SSD	ESD	NDD	FN
0	H	5	2.5	0	2.5	2.5	0	2.5	2.5	1
1	T									
2	H	4	2	2.5	4.5	2.5	2	4	2	2
3	T									
4	H	6	3	4.5	7.5	3.5	4	7	3	1
5	H	3	1.5	7.5	9	4	5	6.5	1.5	2
6	T									
7	H	4	2	9	11	4	7	9	2	1
8	H	2	1	11	12	4	8	9	1	2
9	T									
Total no. of days down				20.5			12.0			

Legend: DP=days past; CT=coin toss; DT=die toss; NDS=no. of days of service; SSD=start service day; ESD=end service day; NDD=no. of days down; FN=facility no.

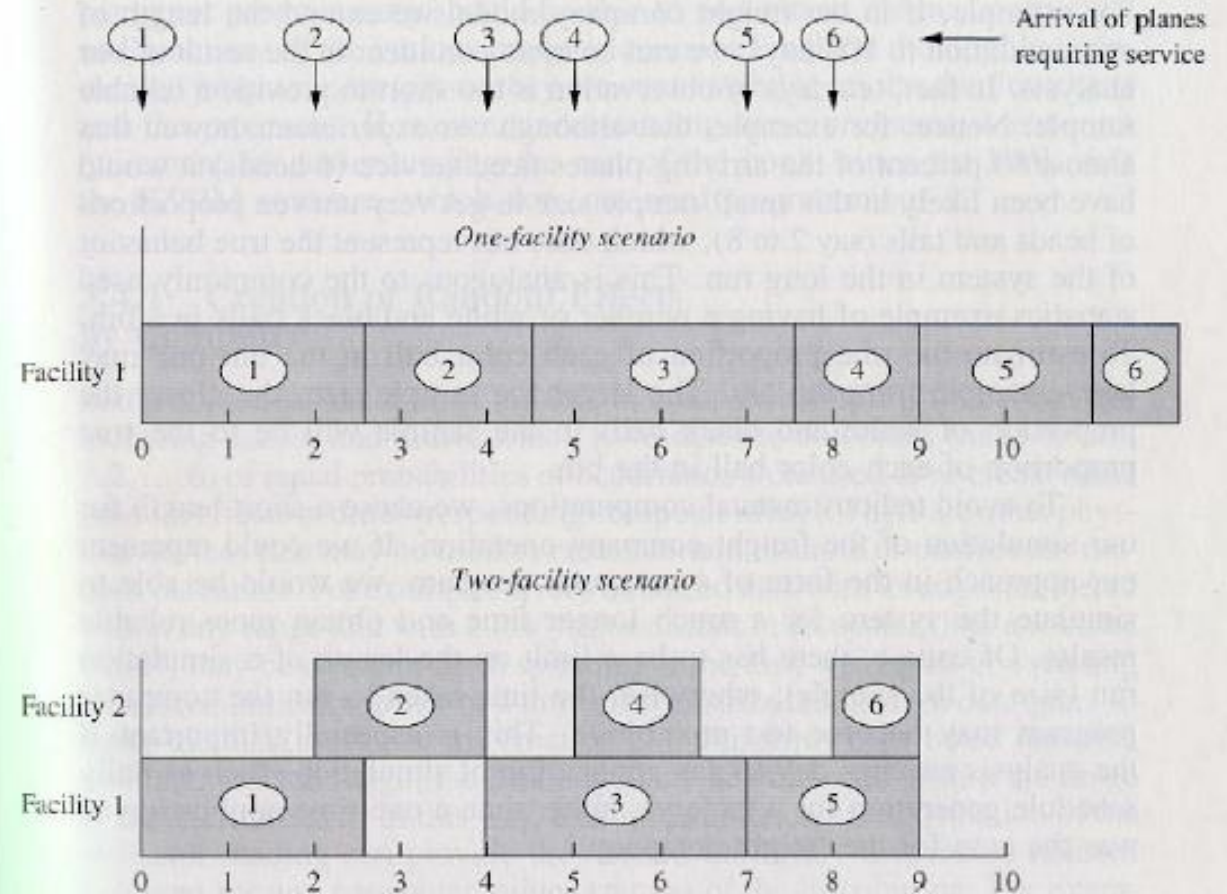


FIGURE 3.2
Graphical representation of the freight company simulation.

Software di
Simulazione ad eventi
discreti

Rockwell Arena

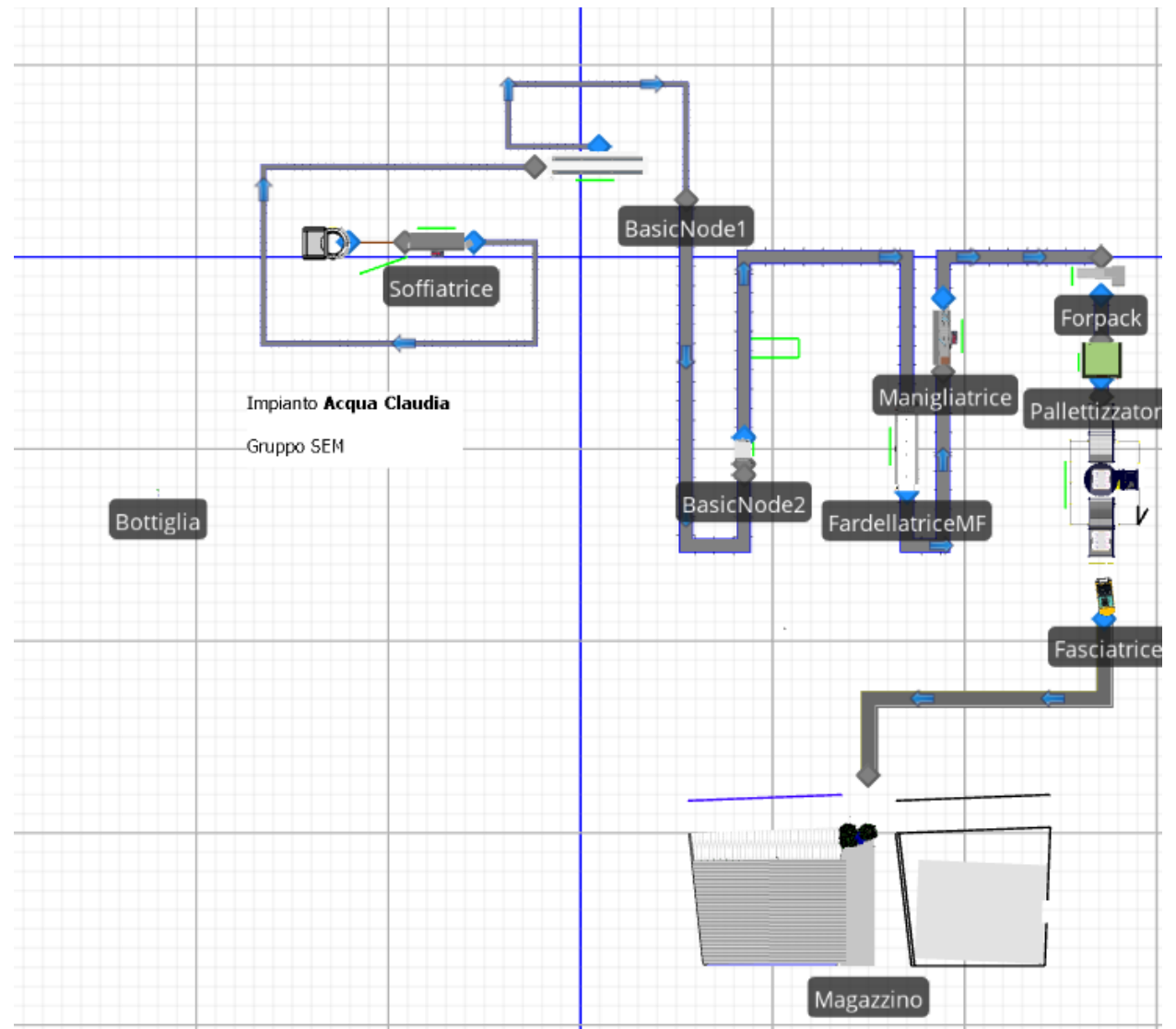
SIMIO

JaamSim (Open source)

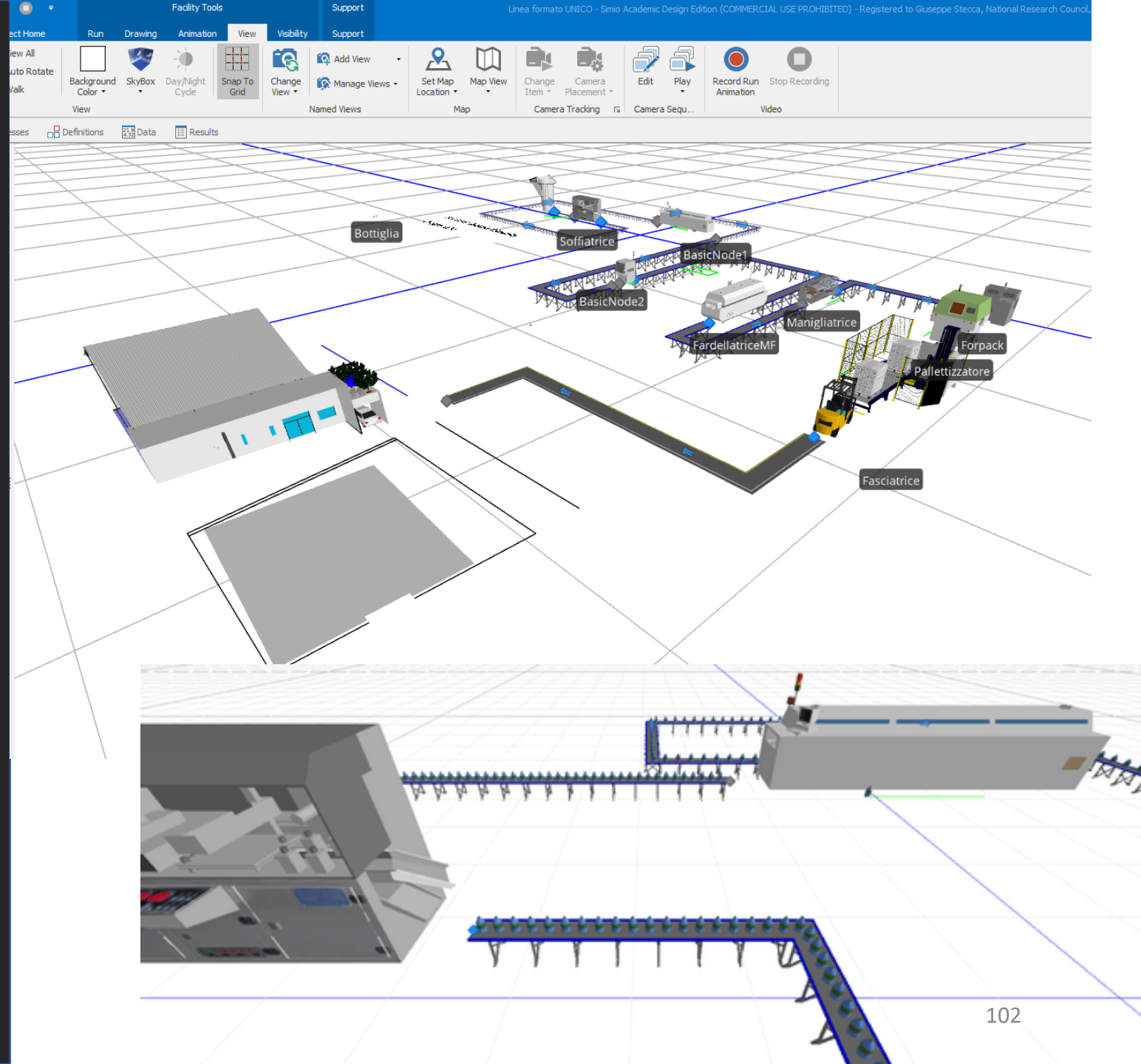
...

...

Esempio Processo di Produzione



Esempio Processo di Produzione



Modello di simulazione

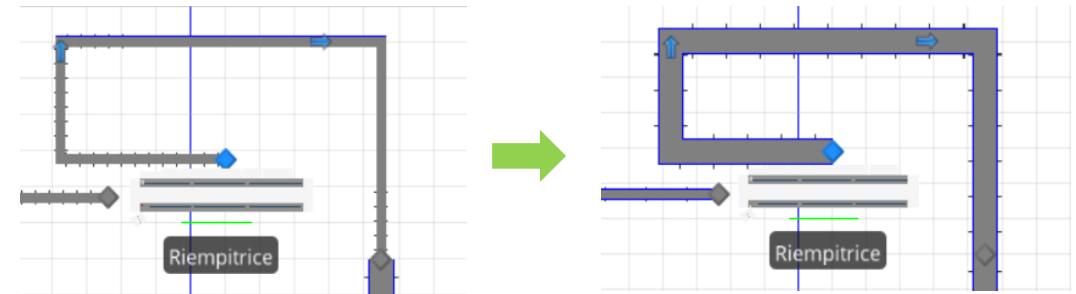
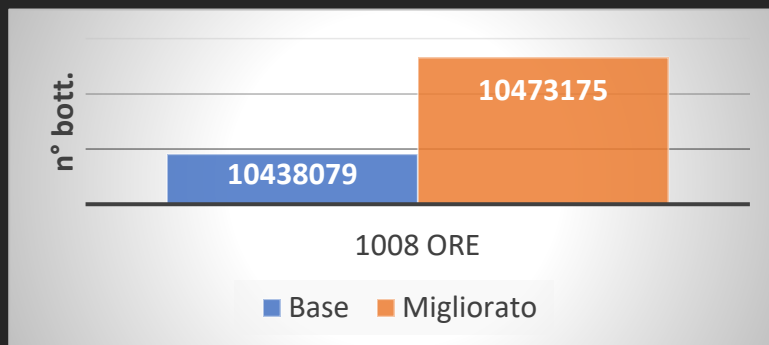
- Processo di studio di un problema mediante l'utilizzo di un modello di simulazione:



ANALISI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO 1:

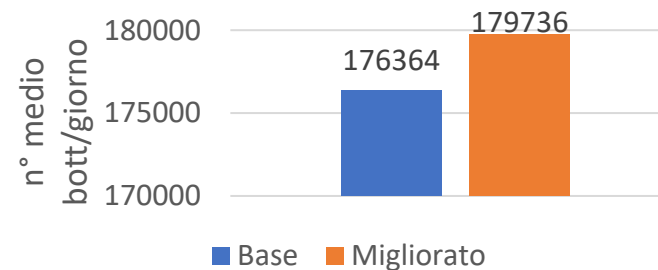
- Interventi su modello di simulazione:
 - Lunghezza logica nastro: 95 metri
 - Capacità complessiva: 1320 bottiglie

Simulazione 1008 ore:



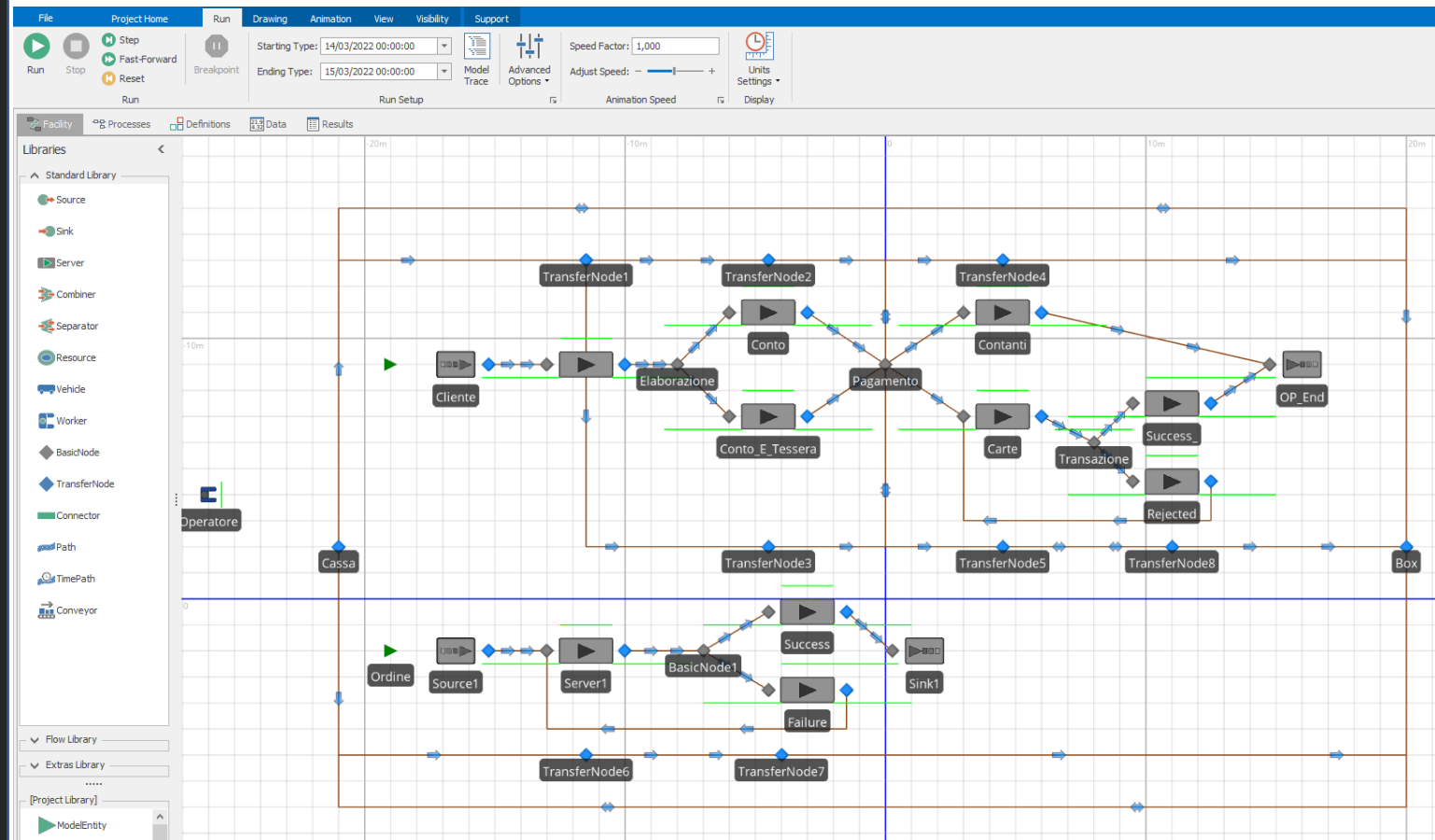
Cambiamento layout modello di simulazione

Simulazione 15 ore (una giornata):

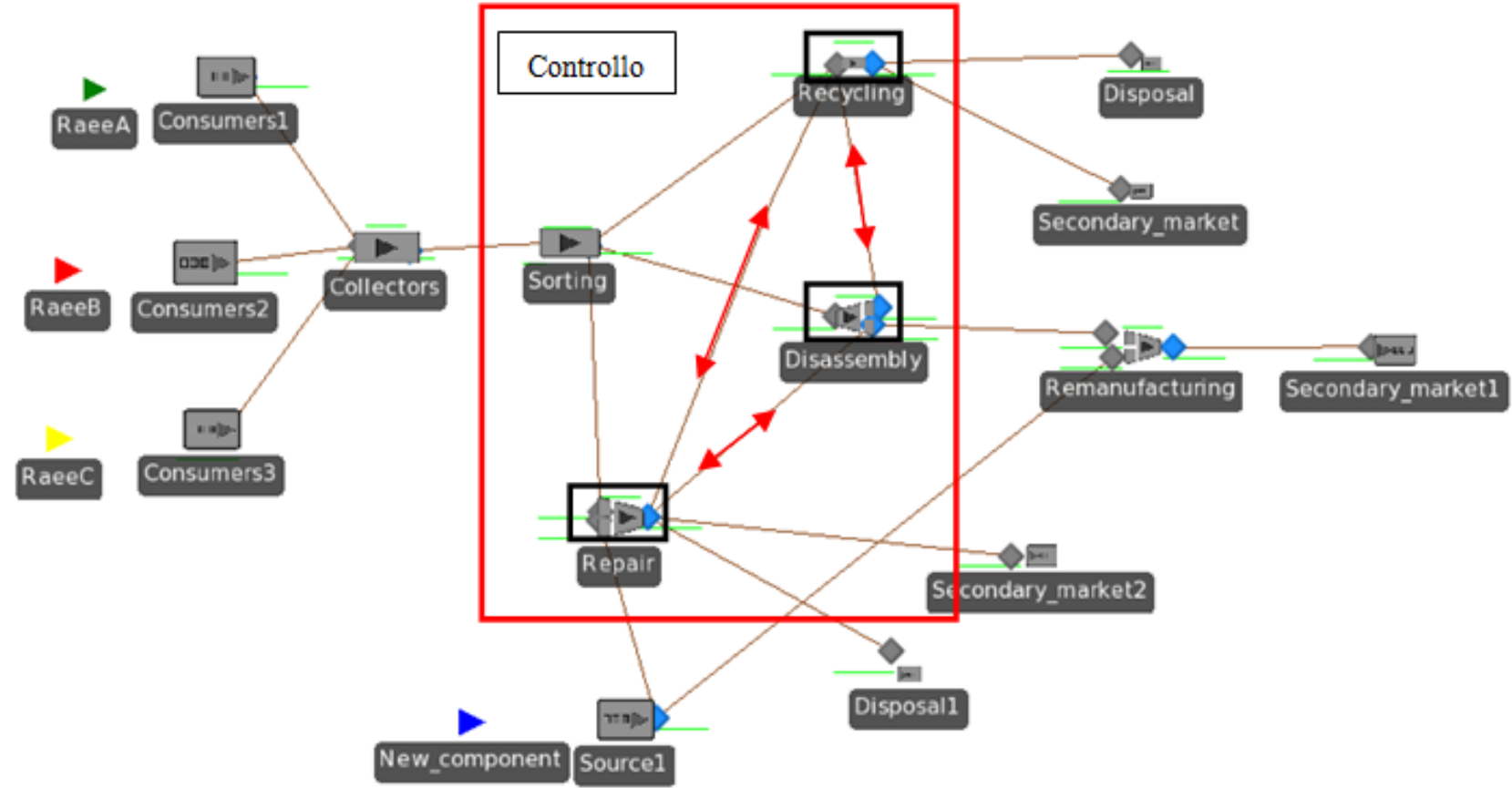


Guadagno medio giornaliero:
+ 3.372 *bott/giorno*

Simulazione sistema di servizio (voice picking)

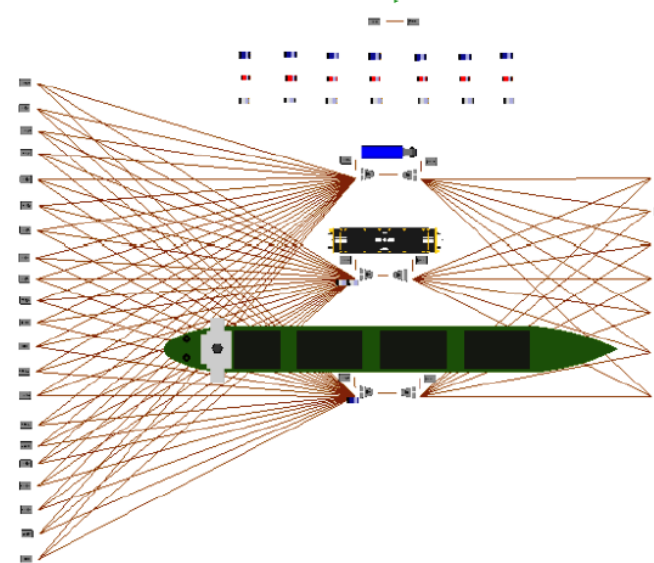
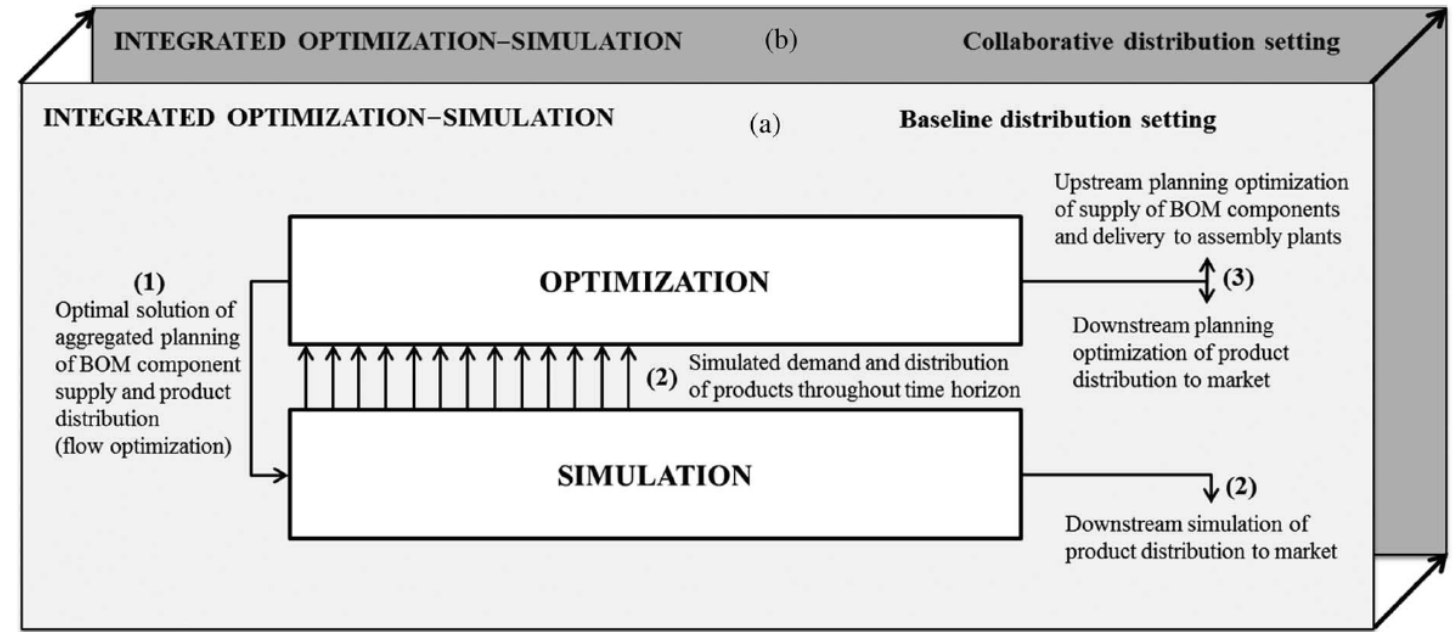


Simulazione network riciclo

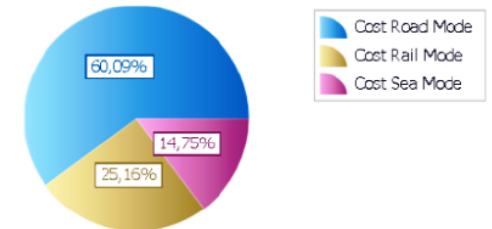


Ottimizzazione + Simulazione

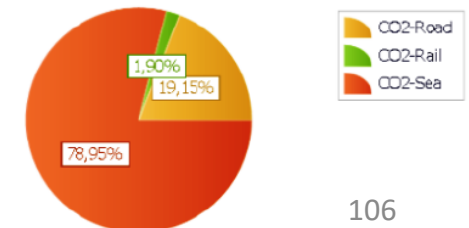
Optimization and Simulation of Collaborative Networks for Sustainable Production and Transportation
(G. Liotta, G. Stecca, and T. Kaihara)



Transport Cost Shares



CO2 Emission Shares





Grazie per l'attenzione



Rispondiamo alle vostre
domande



GRAZIE PER LA VOSTRA
PARTECIPAZIONE.



ANDREA FURLAN –
FURLAN.SAFP@GMAIL.CO
[M](#)



GIUSEPPE STECCA –
GIUSEPPE.STECCA@GMAIL.COM



Esercizio 3

- Un'azienda deve scegliere la propria strategia di installazione capacità produttiva a fronte di due scenari di domanda per i prossimi due anni.
- Lo scenario di domanda bassa, L, ed alta, H, per primo e secondo anno sono dati dalla seguente tabella:

anno	Domanda anno 1	Domanda anno 2
Scenario L (prob. 40%)	100000	125000
Scenario H (prob. 60%)	125000	165000

Esercizio 3



Se non si installa capacità si può ricorrere sul mercato acquistando la merce da rivendere per coprire la domanda. Al periodo 2 si può utilizzare la capacità già installata al periodo 1.



Costi e prezzi sono i seguenti:

prezzo di vendita 2 €/u
costo di acquisto 1.7 €/u
costo di installazione 0.5 €/u
costo di produzione 1 €/u



Calcolare la strategia che massimizza il profitto atteso

Esercizio 3 - soluzione

periodo	scelta	evento	probabilità	domanda	capacità	costo	ricavo	profitto	profitto atteso		
1	P	L	0,4	100000	150000	175000	200000	25000	10000	20000	
1	P	H	0,6	125000	150000	200000	250000	50000	30000		
1	A	L	0,4	100000	0	170000	200000	30000	12000	17250	
1	A	H	0,6	125000	0	212500	250000	37500	22500		
2	PP	L	0,4	125000	200000	150000	250000	100000	40000	62000	
2	PP	H	0,6	165000	200000	190000	330000	140000	84000		
2	PA	L	0,4	125000	150000	125000	250000	125000	50000	71350	91350
2	PA	H	0,6	165000	150000	175500	330000	154500	92700		
2	AA	L	0,4	125000	0	212500	250000	37500	15000	22350	
2	AA	H	0,6	165000	0	280500	330000	49500	29700		
2	AP	L	0,4	125000	200000	150000	250000	100000	40000	62000	79250
2	AP	H	0,6	165000	200000	190000	330000	140000	84000		