

Tecniche ICT per l'Ottimizzazione Sostenibile del Trasporto Merci Intermodale: Applicazione a un Caso in Studio di Terminal Ferro-Gomma della Città di Bari

Mariagrazia DOTOLI¹, Nicola EPICOCO¹,
Marco FALAGARIO², Biagio TURCHIANO¹

¹ Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione,

² Dipartimento di Matematica, Meccanica e Management



Politecnico di Bari, Italy

DEI

dotoli@deemail.poliba.it



Schema della Presentazione

Introduzione

Obiettivi

Il caso in studio:

- studio del layout aziendale
- analisi delle criticità
- sviluppo di un sistema di supporto alle decisioni
- modello di ottimizzazione del piano di carico dei treni
- modello di ottimizzazione dello stoccaggio delle UTI

Conclusioni e sviluppi futuri

Schema della Presentazione

Introduzione

Obiettivi

Il caso in studio:

- studio del layout aziendale
- analisi delle criticità
- sviluppo di un sistema di supporto alle decisioni
- modello di ottimizzazione del piano di carico dei treni
- modello di ottimizzazione dello stoccaggio delle UTI

Conclusioni e sviluppi futuri

Introduzione

- Il trasporto merci intermodale strada-ferrovia è in continua crescita, in quanto consente di combinare la maggiore velocità, affidabilità, sicurezza e i vantaggi di sostenibilità del trasporto ferroviario nelle tratte a lunga distanza (>300 km) con la maggiore capacità di penetrazione nel territorio del trasporto su strada.
- Il trasporto intermodale combinato con l'uso dell'ICT è indicato dalla UE come una delle principali azioni per ridurre l'inquinamento.
- Tali vantaggi richiedono uno scambio di informazioni e dati efficiente tra i diversi attori. Tuttavia, la diffusione dei più recenti progressi tecnologici per il trasporto intermodale è lenta.
- In letteratura pochi studi affrontano le problematiche dei terminal strada-ferrovia, rivolgendosi maggiormente a terminal portuali.

Schema della Presentazione

Introduzione

Obiettivi

Il caso in studio:

- studio del layout aziendale
- analisi delle criticità
- sviluppo di un sistema di supporto alle decisioni
- modello di ottimizzazione del piano di carico dei treni
- modello di ottimizzazione dello stoccaggio delle UTI

Conclusioni e sviluppi futuri

Obiettivi

- Sviluppare uno strumento di supporto alle decisioni per l'automazione e standardizzazione dei processi nei terminal di trasporto merci intermodale su ferrovia-strada.
- Applicazione a un caso di studio dato da una azienda leader del settore.

Schema della Presentazione

Introduzione

Obiettivi

Il caso in studio:

- studio del layout aziendale
- analisi delle criticità
- sviluppo di un sistema di supporto alle decisioni
- modello di ottimizzazione del piano di carico dei treni
- modello di ottimizzazione dello stoccaggio delle UTI

Conclusioni e sviluppi futuri

Il Caso in Studio

G.T.S. – General Transport Service S.p.A. – Bari

- Azienda leader nel trasporto intermodale di merci in Italia e in Europa.
- Terminal esaminato a Bari.
- L'azienda possiede circa 1.800 container di diversi tipi e circa 280 vagoni.



Schema della Presentazione

Introduzione

Obiettivi

Il caso in studio:

- **studio del layout aziendale**
- analisi delle criticità
- sviluppo di un sistema di supporto alle decisioni
- modello di ottimizzazione del piano di carico dei treni
- modello di ottimizzazione dello stoccaggio delle UTI

Conclusioni e sviluppi futuri

Studio del Layout Aziendale

Obiettivi:

- 1) Definire il layout aziendale as-is.
- 2) Evidenziare punti di forza e debolezza.
- 3) Individuare le aree di intervento e i margini di miglioramento.

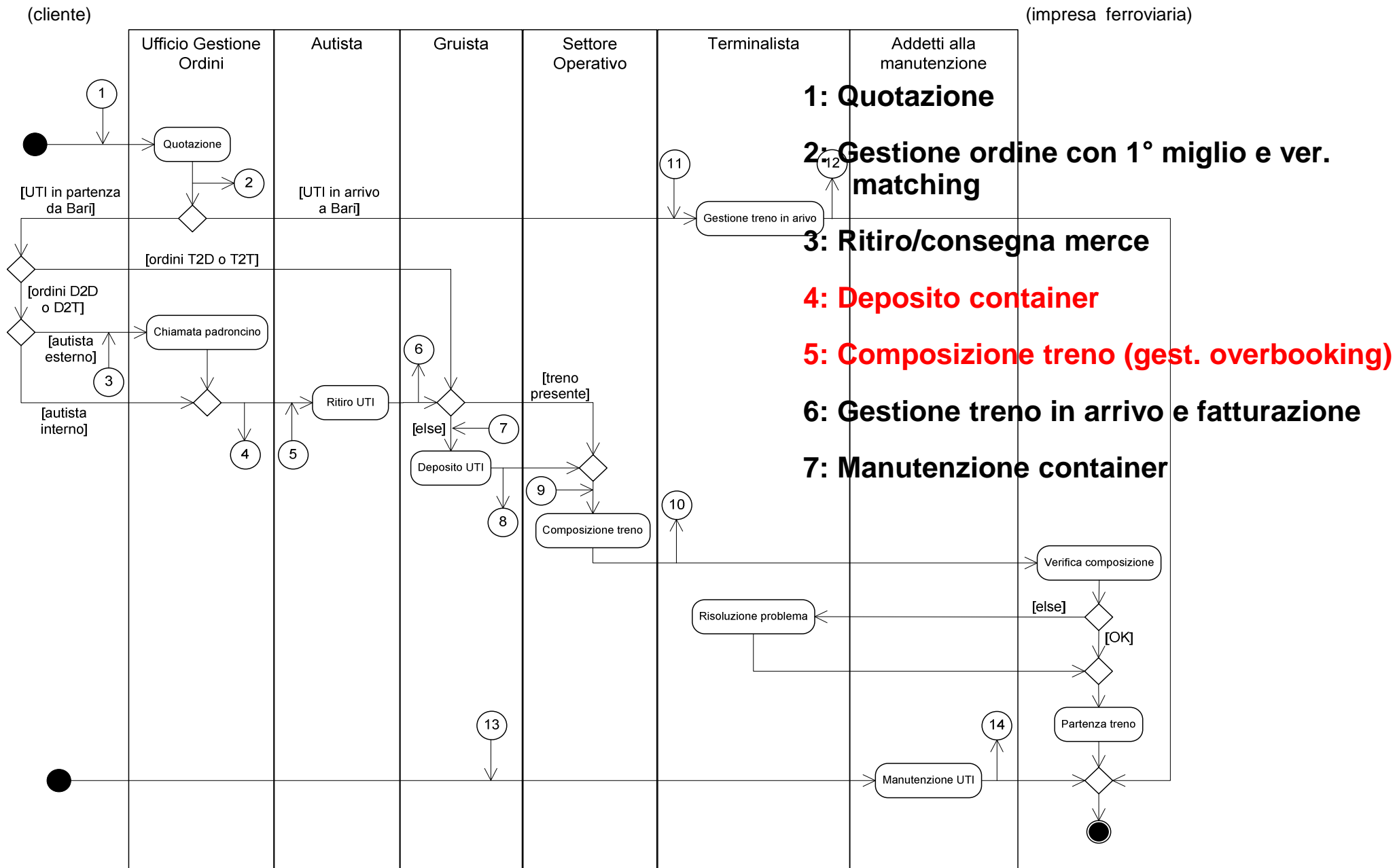
Metodologia:

Analisi sul campo, interviste, documentazione aziendale.

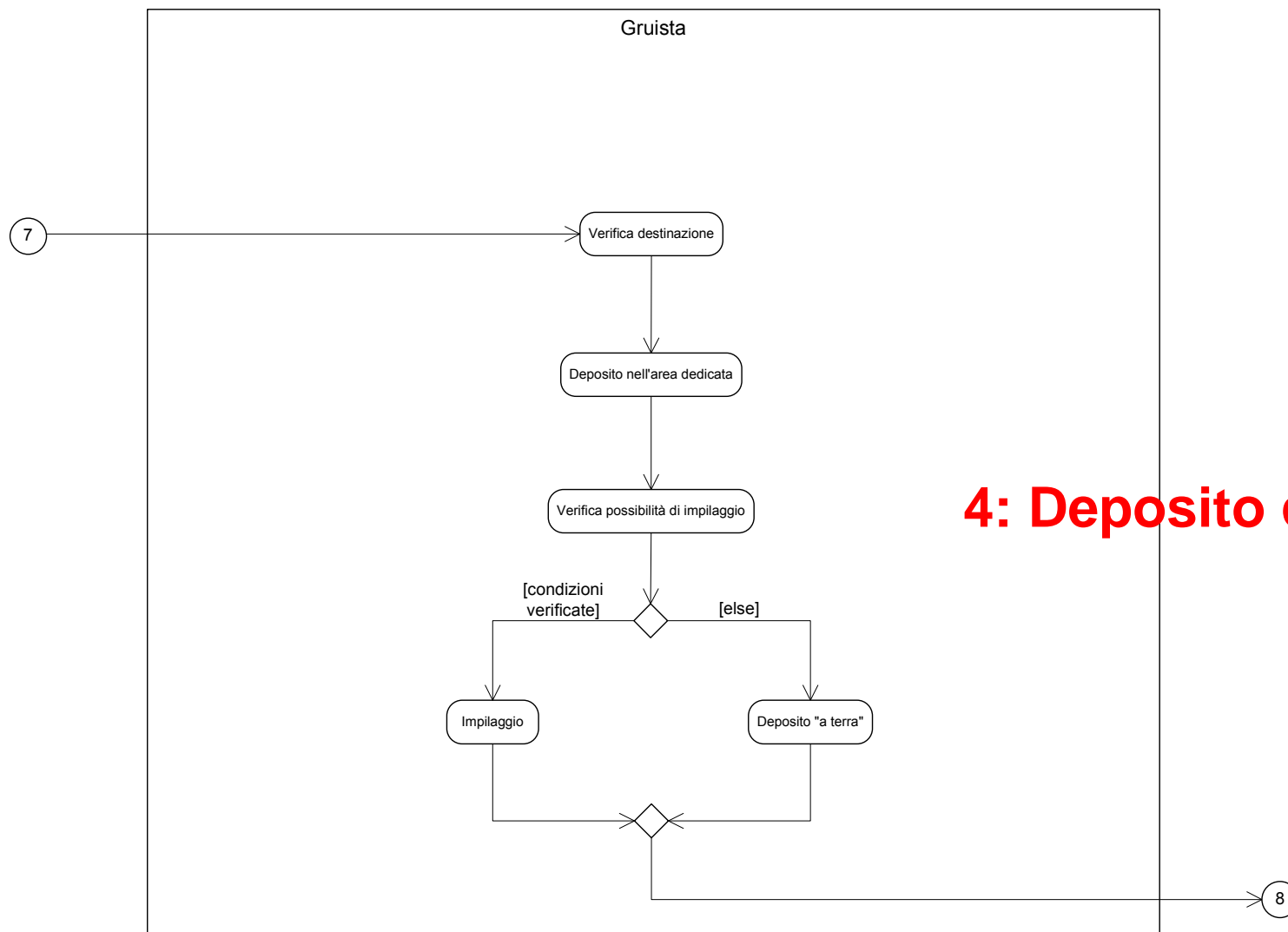
Tecniche utilizzate:

- 1) UML (Unified Modeling Language), Diagramma delle Attività.
- 2) VSM (Value Stream Mapping), analisi delle criticotà.

Studio del Layout Aziendale: Diagramma delle Attività

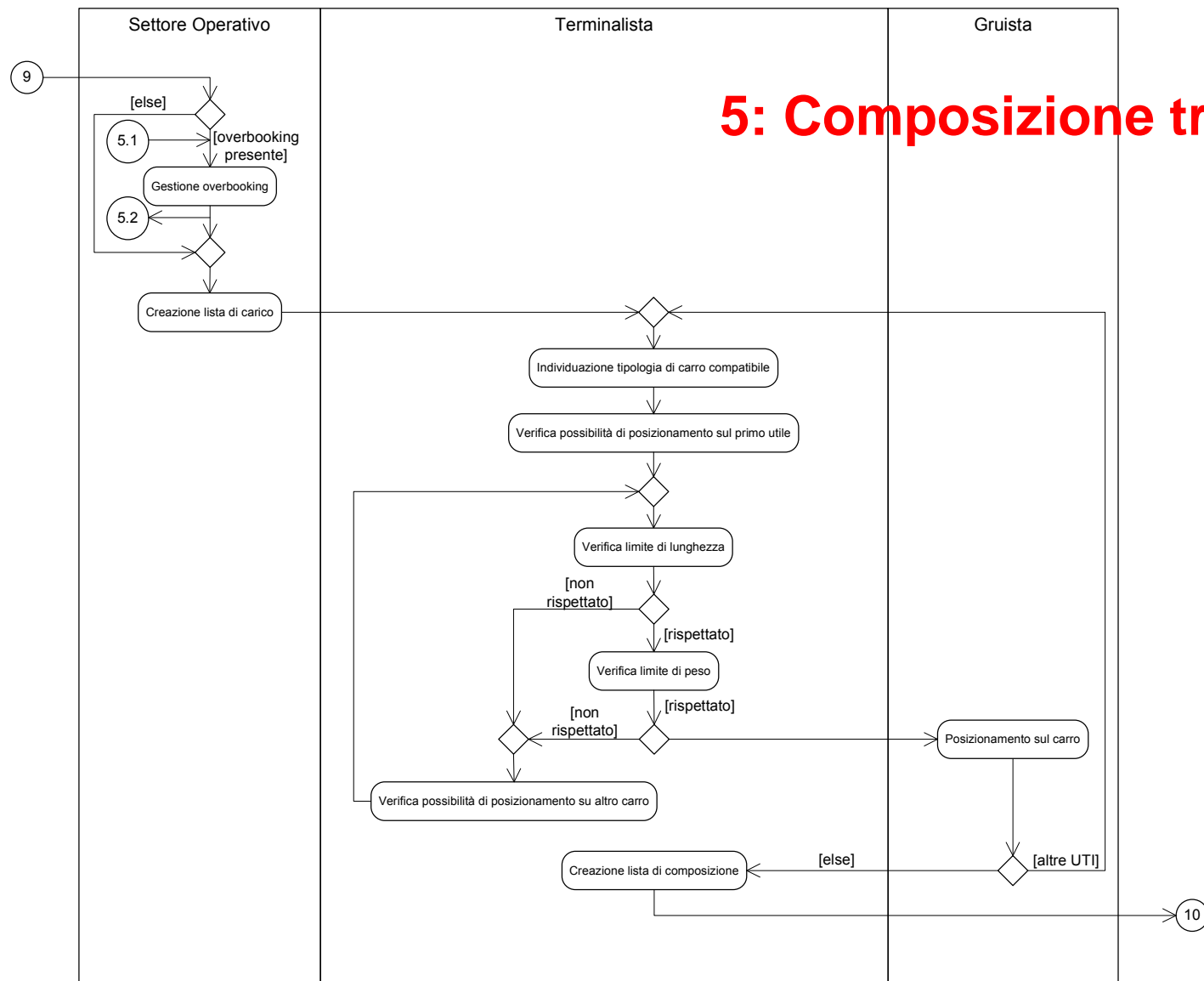


Studio del Layout Aziendale: Diagramma delle Attività

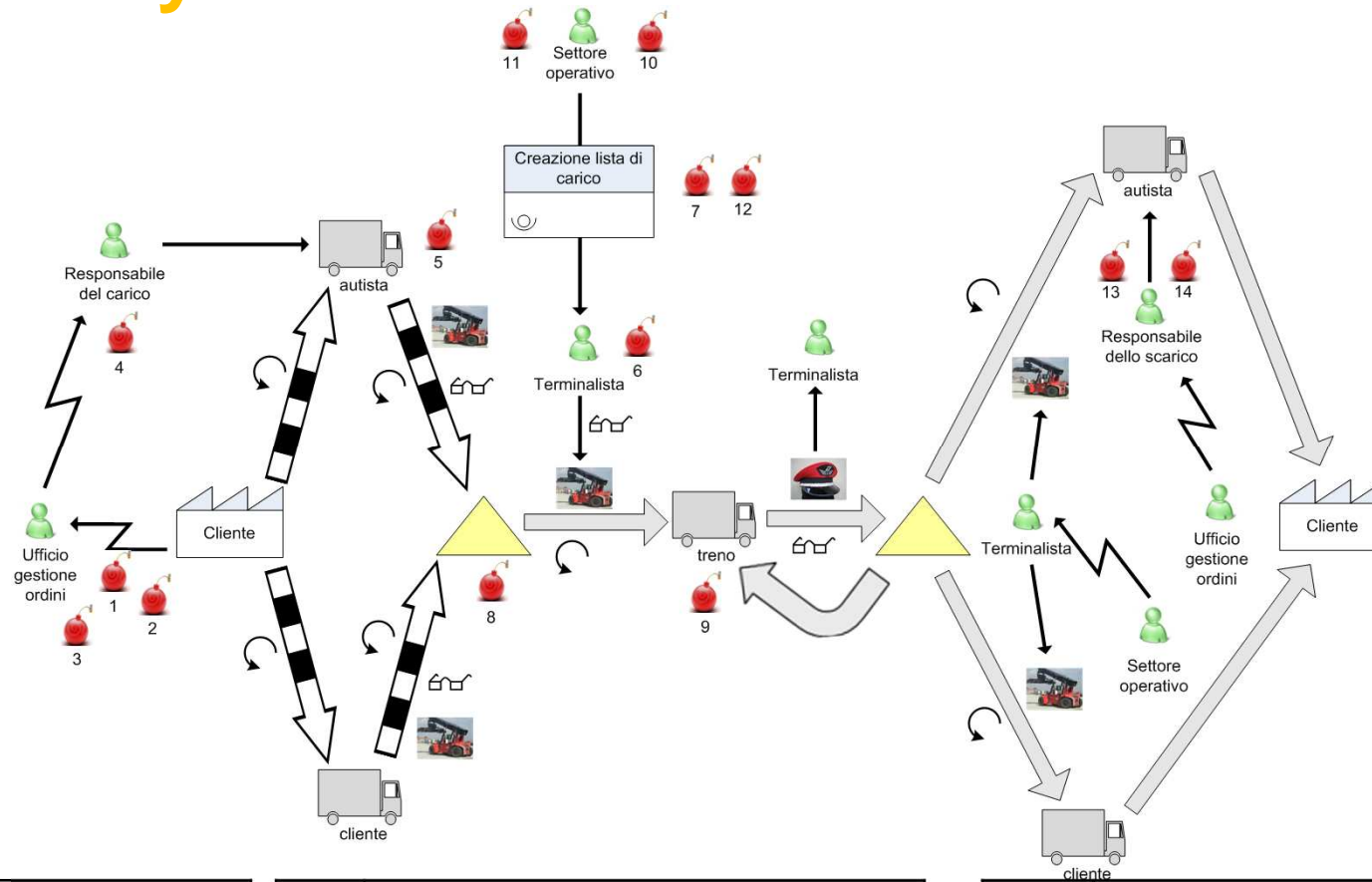


4: Deposito container

Studio del Layout Aziendale: Diagramma delle Attività



Studio del Layout Aziendale: Value Stream Mapping



1	manca di informazioni immediate su eventuali extracosti
2	manca di riepilogo informazioni da parte dei clienti storici
3	manca di informazioni basilari in fase di ricezione ordine
4	manca di pianificazione degli orari di carico
5	gestione manuale del sigillo

6	gestione manuale dell'associazione della cassa con il carro
7	gestione manuale della creazione della lista di carico
8	manca di standardizzazione nel posizionamento sul piazzale
9	manca di criteri di ottimizzazione nella composizione del treno

10	manca di strumenti per il feedback al cliente
11	manca di chiarezza sulle responsabilità
12	manca di criteri standardizzati per la gestione dell'overbooking
13	manca di criteri standardizzati per la gestione del matching
14	manca di pianificazione degli orari di scarico

Schema della Presentazione

Introduzione

Obiettivi

Il caso in studio:

- studio del layout aziendale
- **analisi delle criticità**
- sviluppo di un sistema di supporto alle decisioni
- modello di ottimizzazione del piano di carico dei treni
- modello di ottimizzazione dello stoccaggio delle UTI

Conclusioni e sviluppi futuri

Analisi delle Criticità

Matrice delle Correlazioni

- Peso delle criticità legato alla presenza o meno di una correlazione tra di esse

N.	Criticità riscontrate	mancanza di informazioni immediate su eventuali extracosti	mancanza di riepilogo informazioni da parte dei clienti storici	mancanza di informazioni basilari in fase di ricezione dell'ordine	mancanza di pianificazione degli orari di carico	gestione manuale del sigillo	gestione manuale dell'associazione della cassa con il carro	gestione manuale della creazione della lista di carico	mancanza di standardizzazione nel posizionamento sul piazzale	mancanza di criteri di ottimizzazione nella composizione del treno	mancanza di strumenti per il feedback al cliente	mancanza di chiarezza sulle responsabilità	mancanza di criteri standardizzati per la gestione dell'overbooking	mancanza di criteri standardizzati per la gestione del matching	mancanza di pianificazione degli orari di scarico	Totale correlazione
1	mancanza di informazioni immediate su eventuali extracosti		1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	3
2	mancanza di riepilogo informazioni da parte dei clienti storici	1		1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	5
3	mancanza di informazioni basilari in fase di ricezione dell'ordine	0	1		1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	6
4	mancanza di pianificazione degli orari di carico	0	0	1		0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	4
5	gestione manuale del sigillo	0	0	0	0		1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
6	gestione manuale dell'associazione della cassa con il carro	0	0	0	0	1		0	1	1	0	0	0	0	0	3
7	gestione manuale della creazione della lista di carico	0	0	0	1	0	0		1	1	0	0	1	0	0	4
8	mancanza di standardizzazione nel posizionamento sul piazzale	0	0	0	1	1	1	1		1	0	1	0	0	1	7
9	mancanza di criteri di ottimizzazione nella composizione del treno	0	1	1	0	0	1	1	1		0	0	1	0	0	6
10	mancanza di strumenti per il feedback al cliente	1	1	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	2
11	mancanza di chiarezza sulle responsabilità	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		1	0	0	2
12	mancanza di criteri standardizzati per la gestione dell'overbooking	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1		1	0	5
13	mancanza di criteri standardizzati per la gestione del matching	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1		1	6
14	mancanza di pianificazione degli orari di scarico	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1		3

Analisi delle Criticità

Matrice delle Priorità

- Peso delle criticità legato alla loro incidenza su fattori tangibili (aumento errori e costi) e intangibili (riduzione qualità percepita)

N.	Criticità riscontrate	% Errore	Costi	Qualità	Totale priorità
1	manca di informazioni immediate su eventuali extracosti	1	1	0	2
2	manca di riepilogo informazioni da parte dei clienti storici	1	0	0	1
3	manca di informazioni basilari in fase di ricezione dell'ordine	2	1	1	4
4	manca di pianificazione degli orari di carico	0	1	1	2
5	gestione manuale del sigillo	1	0	0	1
6	gestione manuale dell'associazione della cassa con il carro	1	0	0	1
7	gestione manuale della creazione della lista di carico	1	2	0	3
8	manca di standardizzazione nel posizionamento sul piazzale	0	2	0	2
9	manca di criteri di ottimizzazione nella composizione del treno	0	2	1	3
10	manca di strumenti per il feedback al cliente	0	1	2	3
11	manca di chiarezza sulle responsabilità	1	1	1	3
12	manca di criteri standardizzati per la gestione dell'overbooking	1	1	1	3
13	manca di criteri standardizzati per la gestione del matching	0	2	0	2
14	manca di pianificazione degli orari di scarico	0	1	1	2

Legenda:

- 0 – se non incide
- 1 – se incide in minima parte
- 2 – se incide fortemente

Analisi delle Criticità

Indice di Importanza Assoluta

N.	Criticità riscontrate	Correlazione	Priorità	IIA
1	manca di informazioni immediate su eventuali extracosti	3	2	5
2	manca di riepilogo informazioni da parte dei clienti storici	5	1	6
3	manca di informazioni basilari in fase di ricezione dell'ordine	6	4	10
4	manca di pianificazione degli orari di carico	4	2	6
5	gestione manuale del sigillo	2	1	3
6	gestione manuale dell'associazione della cassa con il carro	3	1	4
7	gestione manuale della creazione della lista di carico	4	3	7
8	manca di standardizzazione nel posizionamento sul piazzale	7	2	9
9	manca di criteri di ottimizzazione nella composizione del treno	6	3	9
10	manca di strumenti per il feedback al cliente	2	3	5
11	manca di chiarezza sulle responsabilità	2	3	5
12	manca di criteri standardizzati per la gestione dell'overbooking	5	3	8
13	manca di criteri standardizzati per la gestione del matching	6	2	8
14	manca di pianificazione degli orari di scarico	3	2	5

Indice di Importanza Settoriale

Settore	IIS
Gestione ordini	21
Responsabile del carico	6
Autista	3
Area terminal	22
Settore operativo	25
Responsabile dello scarico	13

Analisi delle Criticità e Ipotesi to-be

1. Mancanza di informazioni basilari sugli ordini

→ Adozione software integrato di gestione.

NB: consente anche di gestire meglio il matching.

2. Mancanza di criteri standardizzati per il posizionamento dei container sul piazzale

→ Suddivisione del piazzale in zone delimitate, **creazione modello matematico di ottimizzazione** nel rispetto dei vincoli (dimensioni, pesi, impilabilità, ecc.).

3. Mancanza di criteri di ottimizzazione nella composizione dei treni

→ **Creazione modello matematico di ottimizzazione** per massimizzare il numero di container sui treni nel rispetto dei vincoli (dimensioni, pesi, ecc).

NB: consente anche di gestire meglio l'overbooking.

Schema della Presentazione

Introduzione

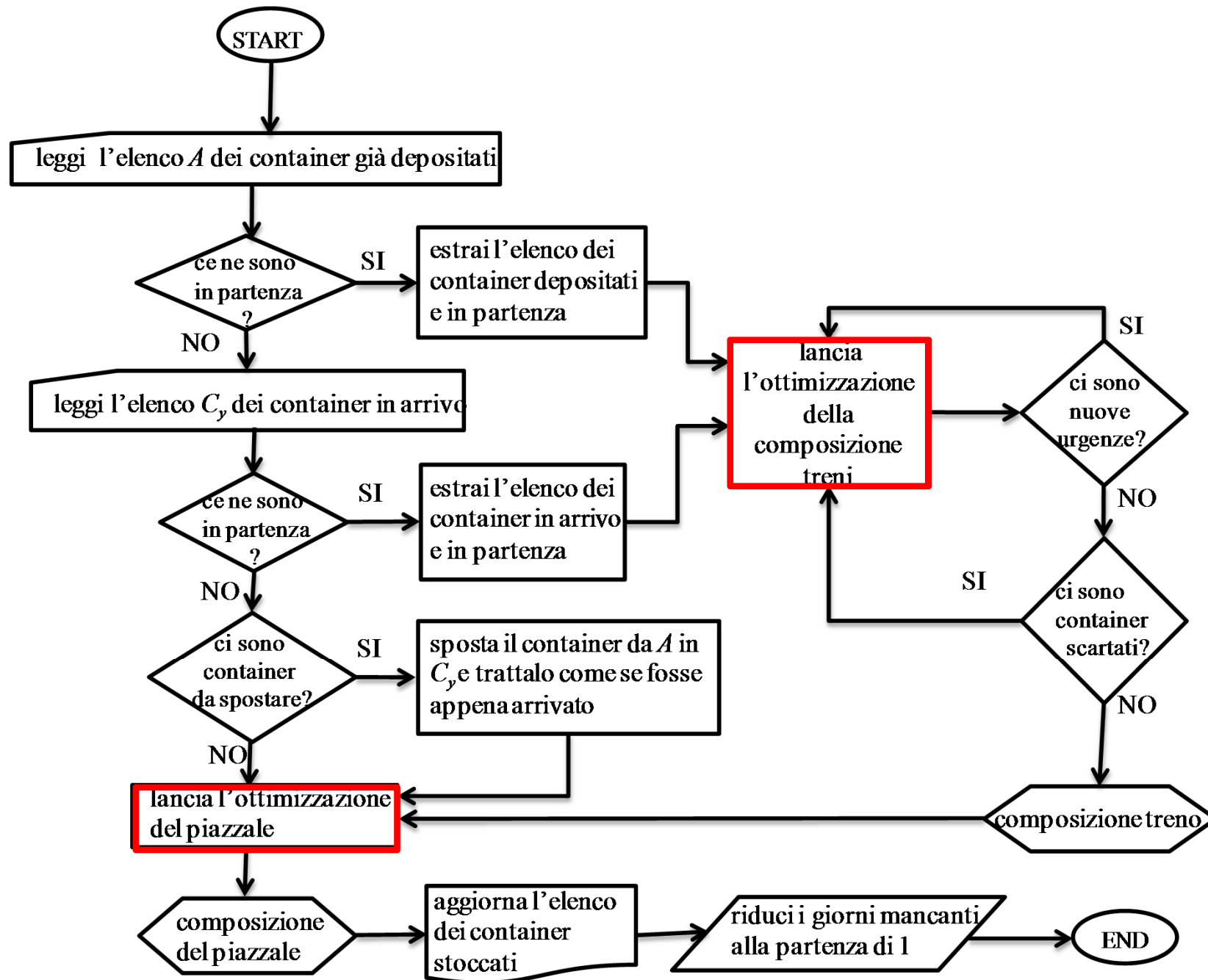
Obiettivi

Il caso in studio:

- studio del layout aziendale
- analisi delle criticità
- **sviluppo di un sistema di supporto alle decisioni**
- modello di ottimizzazione del piano di carico dei treni
- modello di ottimizzazione dello stoccaggio delle UTI

Conclusioni e sviluppi futuri

Sviluppo di un Sistema di Supporto alle Decisioni



Schema della Presentazione

Introduzione

Obiettivi

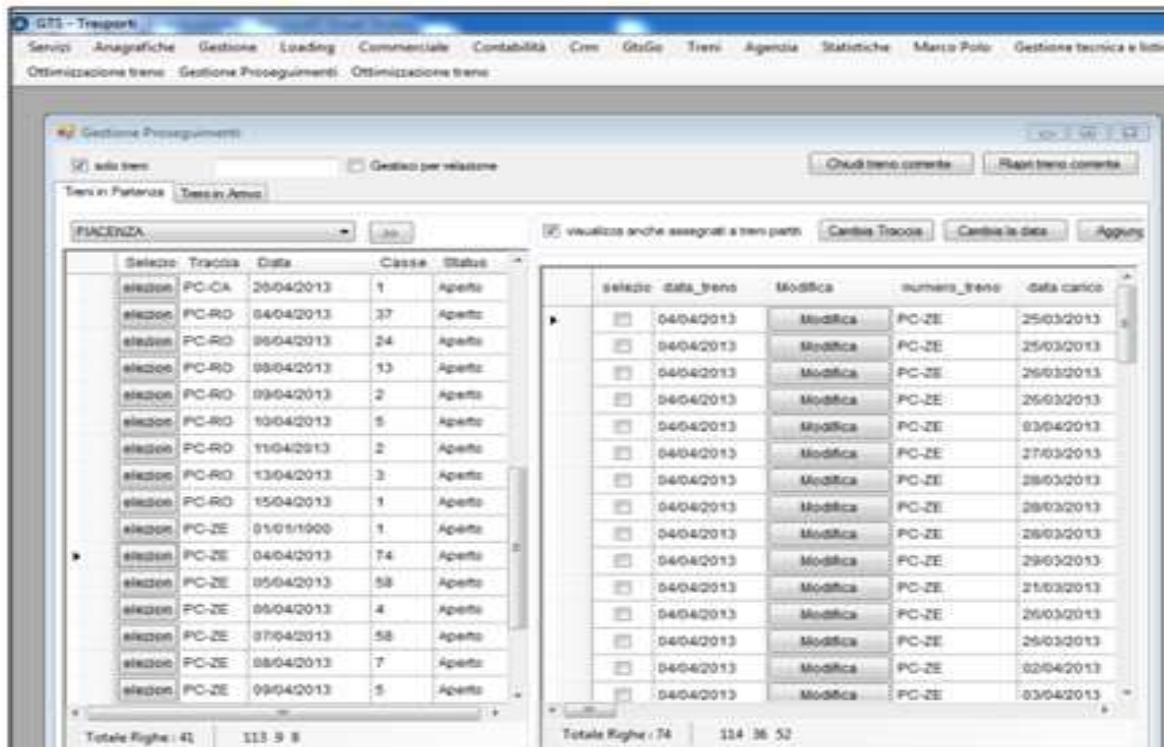
Il caso in studio:

- studio del layout aziendale
- analisi delle criticità
- sviluppo di un sistema di supporto alle decisioni
- **modello di ottimizzazione del piano di carico treni**
- modello di ottimizzazione dello stoccaggio delle UTI

Conclusioni e sviluppi futuri

Modello di Ottimizzazione del Piano di Carico Treni

- Il modello è stato implementato nel software aziendale (basato su MS Visual Studio) e si interfaccia col suo database per mezzo di fogli MS Excel.



- L'operatore sceglie il treno da comporre;
- Il software mostra l'elenco dei container da caricare e dei vagoni disponibili (con le rispettive caratteristiche);
- I dati vengono importati in ambiente MATLAB per lanciare il modello di ottimizzazione del carico di treno.

Modello di Ottimizzazione del Piano di Carico Treni

Ogni container viene caratterizzato da:

- dimensioni;
- peso;
- tipo (rigido, telonato, cisterna);
- caratteristiche di riempimento (pieno, vuoto);
- un'informazione che indica se il container va consegnato alla stessa destinazione del treno oppure prosegue il viaggio su un nuovo treno per un terminal successivo;
- valore commerciale;
- una variabile Booleana riferita all'urgenza della consegna (ad es. per motivi contrattuali o perchè contiene merci pericolose o deperibili);
- un parametro β che differenzia i clienti in base alla loro importanza, sia in termini finanziari (per la frequenza di rapporti commerciali), sia in termini di dimensioni dell'ordine.

I vagoni merci sono caratterizzati da:

- dimensione;
- capacità (massimo carico sopportabile);
- una variabile binaria che indica la loro posizione in testa/coda treno.

Modello di Ottimizzazione del Piano di Carico Treni

- Il problema di pianificazione del carico viene definito come un problema di programmazione lineare binaria.
- La funzione obiettivo è la massimizzazione del valore commerciale dei container carichi sul treno (che mira a minimizzare le perdite per le rimovimentazioni e quindi anche minimizzare l'impatto ambientale).
- In particolare si differenzia l'assegnazione dei container che proseguono il percorso verso terminal successivi (vagoni posizionati in testa/coda al treno), e l'assegnazione dei container che vanno scaricati alla prima fermata (vagoni a centro treno).

$$\max Z = \left[\sum_{i=1}^{n_f} \pi_i * \left(\sum_{w=1}^{m_{h/t}} x_{iw} \right) \right] + \left[\sum_{i=1}^{n_f} \pi_i * \left(\sum_{w=1}^{m_c} x_{iw} \right) \right]$$

Container che proseguono; vagone in testa/coda

Container che si fermano; centro treno

π_i è il valore commerciale dell' i -esimo container, pesato in base al fattore di importanza del cliente β .

x_{iw} è la variabile decisionale binaria, che indica se il container i è assegnato al vagone w o no.

Modello di Ottimizzazione del Piano di Carico Treni

container che proseguono; vagoni in testa/coda	container che si fermano; centro treno	significato
$\sum_{w=1}^{m_{h/t}} x_{iw} \leq 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, n_f$	$\sum_{w=1}^{m_c} x_{iw} \leq 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, n_{nf}$	Unicità dell'assegnazione dell' <i>i</i> -esimo container al <i>w</i> -esimo vagone
$\sum_{i=1}^{n_f} x_{iw} \geq 1 \quad \forall w = 1, 2, \dots, m_{h/t}$	$\sum_{i=1}^{n_{nf}} x_{iw} \geq 1 \quad \forall w = 1, 2, \dots, m_c$	Impedisce vagoni vuoti
$\sum_{i=1}^{n_f} \omega_i * x_{iw} \leq \Omega_w \quad \forall w = 1, 2, \dots, m_{h/t}$	$\sum_{i=1}^{n_{nf}} \omega_i * x_{iw} \leq \Omega_w \quad \forall w = 1, 2, \dots, m_c$	Rispetto del massimo carico sopportabile
$\sum_{i=1}^{n_f} y_i * x_{iw} \leq Y_w \quad \forall w = 1, 2, \dots, m_{h/t}$	$\sum_{i=1}^{n_{nf}} y_i * x_{iw} \leq Y_w \quad \forall w = 1, 2, \dots, m_c$	Rispetto della lunghezza massima
$\sum_{w=1}^{m_{h/t}} x_{iw} = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, n_{f_urg}$	$\sum_{w=1}^{m_c} x_{iw} = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, n_{nf_urg}$	Criterio di urgenza (es. date di consegna stringenti, merci deperibili/pericolose, container scartati da precedente treno)

Modello di Ottimizzazione del Piano di Carico Treni

z	l_z	t_z	p_z	$data_z$	$p_{j,i,k}$
1	20	0	0	0	(1,1,1)
2	20	0	0	1	(2,1,1)
3	20	0	0	0	(3,1,1)
4	20	0	1	1	(1,5,1)
5	20	0	1	1	(2,5,1)
6	20	0	1	0	(3,5,1)
7	30	0	1	1	(4,1,1)
8	30	0	1	1	(5,1,1)
9	30	0	1	1	(6,1,1)
10	30	0	1	1	(5,1,2)
11	30	1	1	1	(6,1,2)
12	45	0	1	1	(1,18,1)
13	45	0	1	1	(2,18,1)
14	45	0	1	1	(3,18,1)
15	45	0	1	1	(1,18,2)
16	45	0	1	0	(2,18,2)
17	45	0	0	1	(1,9,1)
18	45	0	1	1	(4,18,1)
19	45	0	1	1	(5,18,1)
20	45	0	1	1	(6,18,1)
21	45	0	0	0	(6,18,2)

z	l_z	t_z	p_z	$data_z$	$p_{j,i,k}$
22	45	0	0	1	(5,9,1)
23	45	1	1	1	(6,9,1)
24	45	0	1	0	(2,9,1)
25	45	0	0	0	(3,9,1)
26	45	0	0	0	(4,9,1)
27	20	0	0	0	(1,1,2)
28	20	0	0	0	(2,1,2)
29	20	0	1	0	(1,5,2)
30	45	0	0	0	(1,9,2)
31	45	0	1	0	(5,18,2)
32	45	1	1	0	(5,9,2)
33	30	0	1	0	(4,1,2)
34	45	0	1	0	(3,19,2)
35	20	0	1	0	(2,5,2)
36	45	0	1	0	(2,9,2)
37	45	0	0	0	(3,9,2)
38	45	0	1	0	(1,18,3)
39	20	0	0	0	(1,1,3)
40	20	0	0	0	(2,1,3)
41	20	0	1	0	(1,5,3)
42	30	0	1	0	(5,1,3)

Elenco dei container già stoccati nell'area considerata (\mathbf{A}):

42 container caratterizzati da lunghezza (l_z), tipo (t_z), riempimento (p_z), data di partenza ($data_z$) e coordinate di posizione di stoccaggio ($p_{i,j,k}$).

z	l_z	t_z	p_z	$data_z$
101	20	0	0	1
102	20	0	1	2
103	20	0	1	2
104	20	0	1	2
105	20	0	1	1
106	20	0	1	1
107	30	0	1	2
108	30	0	1	1
109	30	1	1	1
110	45	0	1	2
111	45	0	1	2
112	45	0	1	1
113	45	0	1	1
114	45	0	0	1
115	45	0	1	2
116	45	0	1	1

z	l_z	t_z	p_z	$data_z$
117	45	0	1	1
118	45	0	0	2
119	45	0	0	1
120	45	1	0	1
121	45	0	1	0
122	45	0	1	0
123	45	0	1	0
124	45	0	1	0
125	45	0	1	0
126	45	1	1	0
127	45	1	1	0
128	20	0	1	0
129	45	0	1	0
130	45	0	1	0
131	45	0	1	0
132	45	1	1	0

Elenco dei container in arrivo e da stoccare nell'area considerata (\mathbf{C}_y):

32 container caratterizzati da lunghezza (l_z), tipo (t_z), riempimento (p_z) e data di partenza ($data_z$).

Complessivamente vi sono 36 container in partenza ($data_z=0$) da caricare sul treno in composizione.

Modello di Ottimizzazione del Piano di Carico Treni

- Il treno da comporre è formato da 12 vagoni (10 da 90 piedi e 2 da 60 piedi di lunghezza).

NB: un vagone da 90 piedi è formato da due distinti moduli da 45 piedi, quindi non è possibile posizionare container a cavallo tra di essi. Di conseguenza ogni vagone da 90 piedi è trattato nel modello come due vagoni virtuali distinti da 45 piedi. Analogamente, un singolo modulo non può ospitare due contenitori diversi, per ragioni di sicurezza.

- Il problema di ottimizzazione viene risolto in meno di 5 minuti utilizzando l'ottimizzatore GLPK in ambiente MATLAB su un PC Pentium 4 con processore da 1.92 GHz e 512 MB di RAM.
- La maggior parte di questo tempo è necessaria per importare i dati di input dal database aziendale.
- Una volta che i dati sono stati importati, una nuova ottimizzazione (ad es. per modifiche dell'ultimo momento o per valutare piani di carico alternativi) richiede meno di 20 secondi.

Modello di Ottimizzazione del Piano di Carico Treni

- 22 dei 36 container vengono caricati sul treno: quelli con caratteristiche di urgenza o quelli con un valore commerciale pesato maggiore.
- I container scartati sono i non urgenti e con minore valore commerciale.
- La soluzione proposta ha un valore commerciale complessivo di 5.580 €.

Piano di carico dei container

vagoni			container							
ID	Lungh. [piedi]	Capacità [kg]	ID	Lungh. [piedi]	Peso [kg]	valore [€]	β	val_comm [€]	Urgenza [1/0]	Segue [1/0]
w1	60'	60000	21	45'	4480	-45	1,1	-40	0	1
			31	45'	28620	0	1,1	0	0	1
w2	90'	91000	32	45'	26740	40	1	40	0	1
			25	45'	3740	1150	1,1	1265	0	1
w3	90'	91000	34	45'	22000	1150	1	1150	0	1
			16	45'	23500	-5	1,1	-4	0	0
w4	90'	91000	24	45'	23000	25	1,1	28	0	0
			26	45'	3740	1234	1	1234	0	0
w5	90'	91000	121	45'	23500	-12	1,1	-11	0	0
			122	45'	24000	-5	1,1	-4	0	0
w6	90'	91000	123	45'	5399	-5	1,1	-434	1	0
			37	45'	3630	-65	1	-65	1	0
w7	90'	91000	125	45'	15000	-98	1,1	-88	1	0
w8	60'	60000	30	45'	3740	-15	1	-15	0	0
			126	45'	19339	-16	1	-16	0	0
w9	90'	91000	130	45'	24000	-72	1	-72	1	0
			131	45'	24086	-17	1,1	-16	0	0
w10	90'	91000	128	20'	18270	2150	1	2150	0	1
			41	20'	21850	-6	1,1	-5	0	1
w11	90'	91000	132	45'	26082	230	1	230	0	1
			35	20'	13890	0	1,1	0	0	1
w12	90'	91000	38	45'	20000	230	1,1	253	0	1

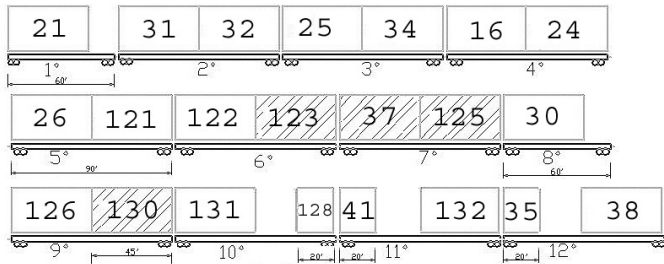
Container scartati

ID	Lungh. [piedi]	Peso [kg]	valore [€]	β	val_comm [€]	Urgenza [1/0]	Segue [1/0]
124	45'	23500	-115	1,1	-104	0	0
1	20'	2650	-115	1,1	-104	0	0
28	20'	2650	-115	1	-115	0	0
33	30'	25000	-190	1,1	-171	0	0
40	20'	2650	-216	1,1	-194	0	0
36	45'	25000	-198	1	-198	0	0
27	20'	2650	-229	1,1	-206	0	0
42	30'	16400	-232	1,1	-209	0	0
3	20'	2650	-224	1	-224	0	0
29	20'	25000	-298	1	-298	0	0
39	20'	2650	-310	1	-310	0	0
129	45'	15000	-450	1,1	-405	0	0
127	45'	21439	-429	1	-429	0	0
6	20'	15800	-450	1	-450	0	0

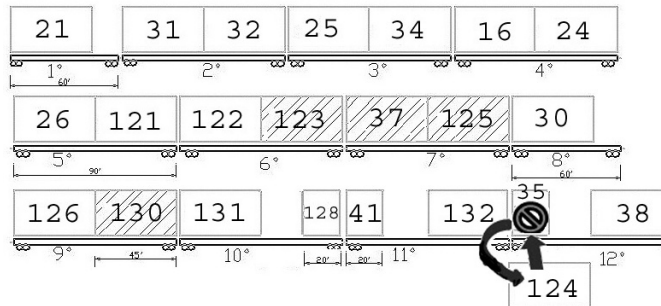
Modello di Ottimizzazione del Piano di Carico Treni

Se uno dei container del piano di carico iniziale viene scartato (ad es. è danneggiato e non supera il controllo dell'impresa ferroviaria), l'operatore può sostituirlo scegliendo quello con il più alto valore commerciale tra quelli con lunghezza analoga o inferiore.

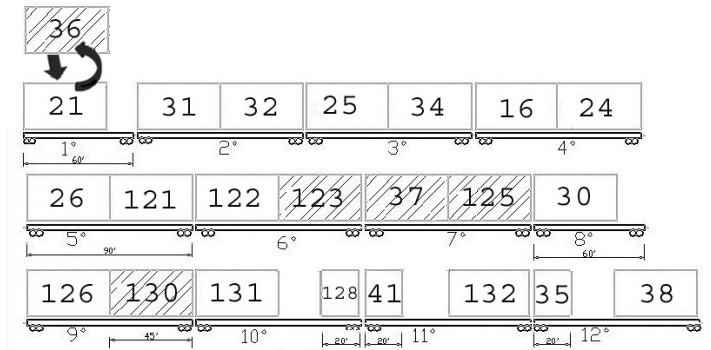
Se uno dei container inizialmente scartati diventa urgente (ad es. per accordi con il cliente), l'operatore deve solo impostare il suo parametro di urgenza ad 1 e rilanciare il modello di ottimizzazione.



Carico pianificato per il treno in esame.



Esempio 1: se il container ID_35 viene scartato (non supera il controllo), viene sostituito scegliendo, tra quelli scartati con lunghezza minore o uguale, quello col più alto valore commerciale (ID_124, perchè più pesante di ID_1).



Esempio 2: se il container ID_36 diventa urgente, sostituisce, tra quelli caricati con lunghezza uguale o maggiore, quello con minor valore commerciale e senza caratteristiche di urgenza (ID_21).

Schema della Presentazione

Introduzione

Obiettivi

Il caso in studio:

- studio del layout aziendale
- sviluppo di un sistema di supporto alle decisioni
- modello di ottimizzazione del piano di carico dei treni
- **modello di ottimizzazione dello stoccaggio UTI**

Conclusioni e sviluppi futuri

Modello di Ottimizzazione dello Stoccaggio UTI

Obiettivo: ottimizzazione del posizionamento delle UTI nel piazzale di deposito per massimizzare il riempimento del piazzale, ovvero ridurre il numero di tiri gru parassita (nonché i costi e l'impatto ambientale).

$$\max F = \sum_z \sum_i \sum_j \sum_k x_{zijk}$$

Il piazzale viene suddiviso in 4 macro aree (per destinazione).

- 1) Piacenza e Milano;
- 2) Bologna;
- 3) Patrasso;
- 4) Consegna al cliente finale in loco.

Caratteristiche delle UTI:

- 20' (rigide piene o vuote);
- 30' (cisterne telaiate o non);
- 45' (rigide piene o vuote; telonate piene o vuote).

Vincoli sul massimo livello di impilaggio:

- UTI rigide piene (3);
- UTI rigide vuote (4);
- UTI rigide telonate piene (1);
- UTI rigide telonate vuote (3);
- UTI non telaiate (1);
- UTI telaiate (3).

Modello di Ottimizzazione dello Stoccaggio UTI

In input viene caricato un file MS Excel contenente:

- dati del piazzale (dimensioni delle aree);
- numero di container da inserire;
- tipo di container da inserire (codice identificativo, caratteristiche, data di partenza);
- le caratteristiche e la posizione dei container già posizionati in ogni zona.

Letti i file in input il modello:

- crea matrici per lunghezza, tipo e carico di ogni UTI;
- ordina ogni matrice in base al giorno di partenza;
- valuta le dimensioni di ogni zona;
- verificato che siano o meno presenti UTI dello stesso tipo posiziona le varie altre negli spazi liberi rispettando i vincoli di impilaggio;
- in output salva in un file MS Excel l'insieme delle matrici ognuna delle quali indica il codice identificativo di ogni UTI e la posizione univoca assegnata.

Nel caso in studio la superficie per l'area in esame ha dimensioni di circa 50x130 piedi quadrati.

Considerando slot da 5 piedi, lo spazio disponibile è di 6 file di container in profondità, mentre ci sono 24 slot in lunghezza e il massimo numero di UTI impilabili è al più 4.

Modello di Ottimizzazione dello stoccaggio UTI

$$\max F = \sum_z \sum_i \sum_j \sum_k x_{zijk}$$

vincolo

significato

$$\sum_z \sum_i \sum_j \sum_k x_{zijk} \leq a \cdot b \cdot c$$



Rispetto del volume disponibile

$$x_{zijk} + x_{z(i+1)jk} + x_{z(i+2)jk} + x_{z(i+3)jk} = 4 \quad \forall z \in Z_{20}$$

$$x_{zijk} + x_{z(i+1)jk} + x_{z(i+2)jk} + x_{z(i+3)jk} + x_{z(i+4)jk} + x_{z(i+5)jk} = 6 \quad \forall z \in Z_{30}$$

$$x_{zijk} + x_{z(i+1)jk} + x_{z(i+2)jk} + x_{z(i+3)jk} + x_{z(i+4)jk} +$$

$$+ x_{z(i+5)jk} + x_{z(i+6)jk} + x_{z(i+7)jk} + x_{z(i+8)jk} = 9 \quad \forall z \in Z_{45}$$



Rispetto del numero di slot adiacenti occupati da UTI che occupano più posizioni - da 20' (4 slot), 30' (6 slot) e 45' (9 slot)

$$\sum_{z \in C_y} x_{zijk} \leq 1 \quad \forall i, j, k$$



Univocità dell'assegnazione

$$\sum_{z \in C_y} \sum_i x_{zijk} \leq a \quad \forall j, k$$

$$\sum_{z \in C_y} \sum_j x_{zijk} \leq b \quad \forall i, k$$



Rispetto dello spazio disponibile in lunghezza e in larghezza

Modello di Ottimizzazione dello stoccaggio UTI

vincolo

significato

$$\sum_{z \in RP \cap Z_{20}} \sum_k x_{zijk} \leq 3 \quad \forall i, j$$

$$\sum_{z \in RP \cap Z_{30}} \sum_k x_{zijk} \leq 3 \quad \forall i, j$$

$$\sum_{z \in RP \cap Z_{45}} \sum_k x_{zijk} \leq 3 \quad \forall i, j$$

$$\sum_{z \in TP \cap Z_{20}} \sum_k x_{zijk} \leq 1 \quad \forall i, j$$

$$\sum_{z \in TP \cap Z_{30}} \sum_k x_{zijk} \leq 1 \quad \forall i, j$$

$$\sum_{z \in TP \cap Z_{45}} \sum_k x_{zijk} \leq 1 \quad \forall i, j$$

$$\sum_{z \in TV \cap Z_{20}} \sum_k x_{zijk} \leq 3 \quad \forall i, j$$

$$\sum_{z \in TV \cap Z_{30}} \sum_k x_{zijk} \leq 3 \quad \forall i, j$$

$$\sum_{z \in TV \cap Z_{45}} \sum_k x_{zijk} \leq 3 \quad \forall i, j$$

$$\sum_{z \in RV \cap Z_{20}} \sum_k x_{zijk} \leq 4 \quad \forall i, j$$

$$\sum_{z \in RV \cap Z_{30}} \sum_k x_{zijk} \leq 4 \quad \forall i, j$$

$$\sum_{z \in RV \cap Z_{45}} \sum_k x_{zijk} \leq 4 \quad \forall i, j$$

Rispetto del massimo livello di impilaggio per le diverse tipologie di UTI (rigide o telonate, piene o vuote, da 20', 30' o 45')

Modello di Ottimizzazione dello Stoccaggio UTI

Situazione finale:

Le UTI da caricare sul treno sono rimosse, vengono collocate quelle appena arrivate, nel rispetto dei vincoli. Quelle che partono prima sono poste più in alto per ridurre le rimovimentazioni necessarie al prelievo.

Situazione iniziale

K=1

		i																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
j	1	1			4									17													12
	2	2			5									24													13
	3	3			6									25													14
	4		7											26													18
	5		8											22													19
	6		9											23													20

K=2

		i																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
j	1	27				29								30													15
	2	28				35								36													16
	3													37													34
	4			33																							124
	5			10										32													31
	6			11																							21

K=3

		i																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
j	1	39			41																						38
	2	40																									
	3																										
	4																										
	5			42																							
	6																										

K=1

		i																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
j	1	101			4									17													12
	2	2			5									110													13
	3	6			104									111													14
	4		7											115													18
	5		8											22													19
	6		9											23													20

K=2

		i																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
j	1	3				102								114													15
	2	1				103								113													31
	3	29				39								36													112
	4		107											116													124
	5		10											118													117
	6		33											120													129

K=3

		i																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
j	1	27				105																					127
	2	28				106																					
	3	40																									
	4		108																								
	5		42											119													
	6		11																								

K=4

		i																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
j	1																										
	2																										
	3																										
	4																										
	5			109																							
	6																										

Schema della Presentazione

Introduzione

Obiettivi

Il caso in studio:

- studio del layout aziendale
- analisi delle criticità
- sviluppo di un sistema di supporto alle decisioni
- modello di ottimizzazione del piano di carico dei treni
- modello di ottimizzazione dello stoccaggio delle UTI

Conclusioni e sviluppi futuri

Conclusioni e Sviluppi futuri

- Abbiamo sviluppato un modello matematico di supporto alle decisioni per la gestione e l'ottimizzazione sostenibile dei terminal intermodali ferro-gomma.
- Il modello consente di ottimizzare, nel rispetto dei vincoli fisici ed economici, sia la composizione dei treni merci in partenza dal terminal, sia lo stoccaggio dei container all'interno del terminal stesso.
- In particolare massimizza il livello di riempimento del piazzale e il profitto aziendale nella composizione dei treni. Inoltre minimizza le rimovimentazioni dei container e quindi riduce l'impatto ambientale.
- Il modello è stato testato nel terminal di Bari della "G.T.S. – General Transport Service S.p.A." fornendo la soluzione ottimale in tempi molto ridotti.
- Consente agli utenti di fare cambi all'ultimo momento (ad es. per ordini che arrivano in ritardo o per valutare soluzioni alternative), risultando quindi molto flessibile e un utile strumento per l'automazione e l'ottimizzazione della logistica interna delle aziende intermodali.
- Grazie all'integrazione con il software aziendale, è molto semplice da utilizzare.
- È necessario validare l'efficacia del modello sul medio-lungo termine, valutando il miglioramento delle prestazioni del terminal.

Tecniche ICT per l'Ottimizzazione Sostenibile del Trasporto Merci Intermodale: Applicazione a un Caso in Studio di Terminal Ferro-Gomma della Città di Bari

Mariagrazia DOTOLI¹, Nicola EPICOCO¹,
Marco FALAGARIO², Biagio TURCHIANO¹

¹ Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione,

² Dipartimento di Matematica, Meccanica e Management



Politecnico di Bari, Italy

DEI

dotoli@deemail.poliba.it

