

# Esame di Laurea in Informatica

Dipartimento di Matematica "Tullio Levi Civita"

## Implementazione di modelli di programmazione matematica per problemi di bin packing

Candidato  
Daniel Rossi

Relatore  
prof. Luigi De Giovanni

18 Dicembre 2018



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

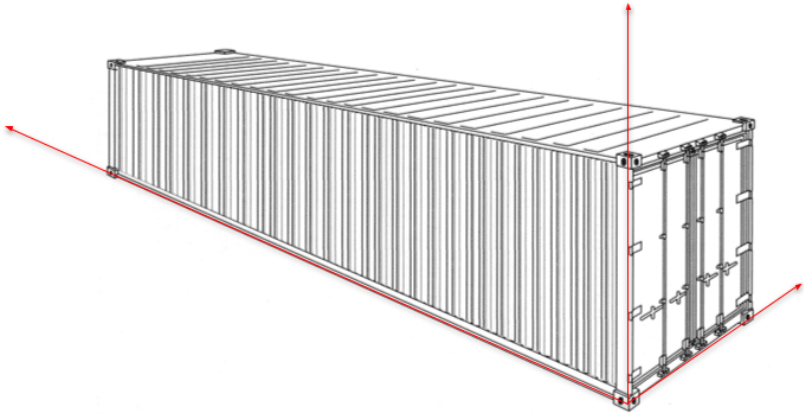
- 1 Introduzione
- 2 Progetto
- 3 Raggiungimento degli obiettivi
- 4 Consuntivo
- 5 Conclusioni

## SOFTWARE SUPPORTO DECISIONALE



- agevolazione degli operatori;
- operatori meno esperti;
- aumento della produttività;
- informazioni sullo stato dei trasporti;
- stima di costi e profitti.

L'azienda ha sviluppato un'euristica per l'ottimizzazione dello spazio occupato dalle merci nel cassone del camion.



## Scopo

Lo scopo dello stage è quello di realizzare dei modelli di programmazione lineare per la risoluzione dello **Strip Packing Problem** da usare per valutare l'euristica aziendale

- **2D**: versione 2D;
- **2DR**: versione 2D con rotazione;
- **2DRS**: versione 2D con rotazione e sequenza di scarico;
- **3D**: versione 3D con rotazione e sovrapposizione.

Insieme  $I = \{1, \dots, n\}$  di oggetti aventi dimensioni  $w_i$ ,  $d_i$  e  $h_i$ .  
Insieme  $J = \{1, \dots, m\}$  di contenitori di dimensione  $W$ ,  $D$  e  $H$ .  
Per ipotesi  $w_i \leq W$ ,  $d_i \leq D$  e  $h_i \leq H$ .

## Obiettivo Bin Packing

Minimizzare il numero di contenitori  $J$  che riescano a contenere tutti gli oggetti dell'insieme  $I$ .

## Obiettivo Strip Packing

Minimizzare i metri lineari occupati dagli oggetti dell'insieme  $I$  rispetto la profondità del contenitore.

Tratto dall'articolo: Solving the 2D bin packing problem by means of a hybrid evolutionary algorithm

$$\min D$$

s.t.

$$l_{ij} + l_{ji} + b_{ij} + b_{ji} \geq 1 \quad i < j \quad i, j \in I$$

$$y_i - y_j + M_d b_{ij} \leq M_d - d_j \quad i, j \in I$$

$$x_i - x_j + M_w l_{ij} \leq M_w - w_j \quad i, j \in I$$

$$x_i + w_i \leq W \quad i \in I$$

$$y_i + d_i \leq D \quad i \in I$$

$$b_{ij}, l_{ij} \in \{0, 1\} \quad i \neq j \quad i, j \in I$$

$$x_i, y_i, w_i, d_i \in \mathbb{R}^+ \quad i \in I$$

Durante lo stage sono state usate le seguenti tecnologie:



**matplotlib**

**pandas**

$$y_{it} = \beta' x_{it} + \mu_i + \epsilon_{it}$$



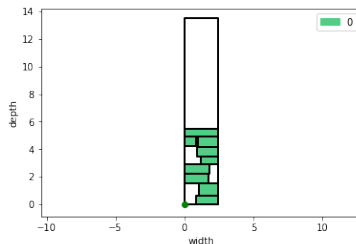
Google

Optimization

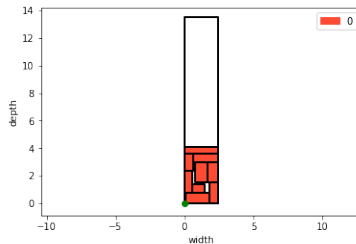
Tools



**Modello 2D:**  
Punto di partenza



**Modello 2DR:**  
Ottimalità della soluzione

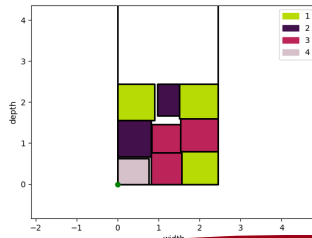
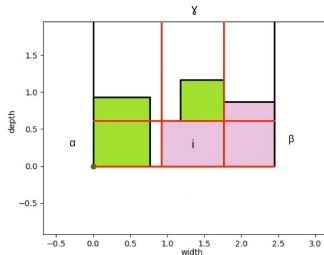


## Vie di scarico:

Deve essere presente almeno una via di scarico per ciascun pacco

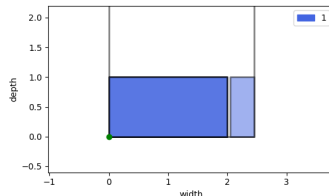
## Stabilità della sequenza:

Feature non disponibile nel modello, trascurabile su test con pochi oggetti



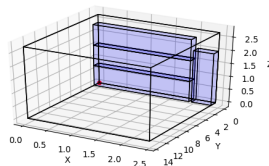
## Stabilità degli oggetti:

Garantita sovrapponendo solo  
un oggetto



## Oggetti stackable:

In generale nei test non tutti  
gli oggetti erano sovrapponibili



## Istanza:

insieme formato dai pacchi da disporre nel contenitore.

## Gruppo di istanze:

insieme di istanze accomunate tra loro dal numero di pacchi o dalle loro dimensioni.

**Time Limit:** 300 secondi

Soluzioni:

- ottime
- best bound

$Id$	$w_a$	$w_b$	$d_a$	$d_b$
0	0.5	2.45	0.5	2.45
1	0.5	1.50	0.5	4.00
2	1.5	2.45	0.5	4.00
3	0.5	1.50	3.0	4.00
4	1.5	2.45	3.0	4.00
5	0.1	1.00	0.1	1.00
6	0.1	1.00	3.0	4.00
7	2.0	2.45	3.0	4.00
8	2.0	2.45	2.0	2.45
9	0.1	1.00	0.1	4.00

Ottime					Best bound			
<i>Id</i>	#ist	$\epsilon_r$	$\epsilon_a$	Time	<i>Id</i>	#ist	$\epsilon_r$	$\epsilon_a$
0	64	3.89	0.23	40.95	0	36	7.35	0.59
1	73	11.90	0.81	31.51	1	27	15.98	1.48
2	76	0.94	0.10	19.76	2	24	0.91	0.17
3	84	12.29	1.26	19.79	3	16	17.26	2.62
4	75	0.00	0.00	27.69	4	25	0.00	0.00
5	73	14.17	0.11	12.58	5	27	16.16	0.21
6	78	6.60	0.47	20.95	6	22	19.40	1.70
7	76	0.00	0.00	36.62	7	24	0.00	0.00
8	81	0.00	0.00	23.70	8	19	0.00	0.00
9	81	10.34	0.45	10.60	9	19	20.58	1.10

■  $\epsilon_a = Obj_h - Obj_m$

■  $\epsilon_r = \frac{\epsilon_a}{Obj_m} \cdot 100$

4 Modelli  $\Rightarrow$  4 Macro-obiettivi

- Introduzione di un nuovo macro-obiettivo:
  - Realizzazione modello 2DRS;
- Due variazioni nel corso dello stage:
  - Confronto con l'euristica eseguito dopo la realizzazione dei modelli;
  - Nuove funzioni di verifica dell'euristica sviluppate durante il testing dei modelli.

Realizzazione modello grazie ad una minor durata:

- formazione;
- realizzazione modelli.

#	Macro-Obiettivi	Ore previste	Ore effettive
1	Modello 2D	96	64
2	Modello 2DR	64	64
3	Modello 2DRS	0	72
4	Modello 3D	64	72
5	Confronto con euristica	24	16

Cause cambiamenti tempistiche:

- Formazione più breve;
- Prototipazione modelli 2D e 2DR pi rapida;
- Testing e sviluppo euristica in parallelo.

- 1 Tutti gli obiettivi sono stati completati;
- 2 Realizzazione modello non previsto;
- 3 Valutazione positiva dei risultati forniti;
- 4 Importanti conoscenze apprese.

Sviluppi futuri:

- Archiviazione soluzioni modelli;
- Stabilità sequenza;
- Stabilità degli oggetti;
- Sequenza di scarico multilivello
- Unione modelli.