



# UNIVERSITÀ DI PARMA

Dipartimento di Ingegneria e Architettura

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica, Elettronica e delle Telecomunicazioni

## Estrazione di punti operazione per AGV industriali da scansioni laser terrestri

Automatic extraction of AGV pickup and delivery points from terrestrial laser  
scan data

Relatore:

Chiar.mo Prof. Jacopo Aleotti

Correlatore:

Ing. Mikhail Giorgini

Tesi di Laurea di:  
Giorgio Ghisotti

---

ANNO ACCADEMICO 2016-2017

## Obiettivo del progetto

Individuare programmaticamente punti operazione per veicoli industriali a guida automatica (AGV)

- Punto Operazione: Configurazione per AGV che permette le operazioni di caricamento e scaricamento della merce



# Individuazione manuale dei Punti Operazione

- Misurazioni manuali sul campo

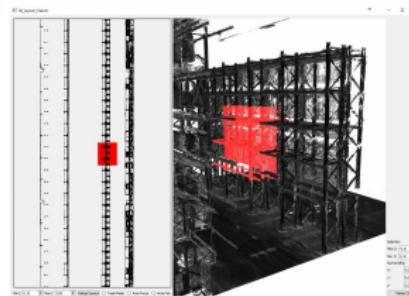
- ▶ Si guida manualmente un veicolo nel magazzino
- ▶ Una volta individuata una posizione corretta la si registra nel database
- ▶ Difetti:
  - ★ Alto costo in ore/uomo
  - ★ Può richiedere un blocco della produzione



- Selezione manuale con il supporto di un software

- ▶ Difetti:

- ★ Più lenta di una selezione automatica
- ★ Potenzialmente imprecisa e sensibile all'errore umano



# Descrizione del sistema sviluppato

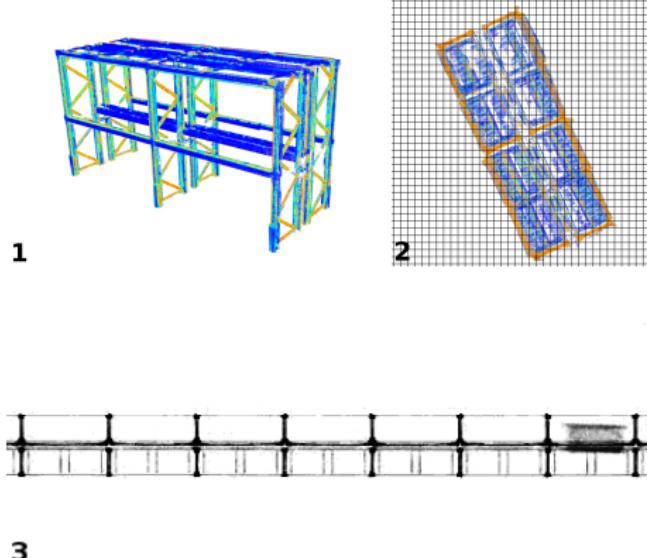
- Il sistema esegue una ricerca di tipo pattern matching su un'immagine 2D
- Si hanno a disposizione delle scansioni laser terrestri dei magazzini, aquisite con sensori Leica ScanStation P30
- I dati in entrata sono sotto forma di Point Cloud (che deve essere convertita in un'immagine 2D)
- La Point Cloud di un magazzino medio contiene miliardi di punti



# Descrizione del sistema sviluppato

Per convertire una Point Cloud in un'immagine 2D:

- ① Si assegna un valore ai punti in base alla curvatura della superficie sottostante stimata
- ② Si appiattisce la point cloud e si sommano i valori che cadono sulle celle di una griglia in 2D
- ③ Si assegna un colore in scala di grigi alle caselle della griglia in base al colore



# Descrizione del sistema sviluppato

- La libreria OpenCV assegna un valore ad ogni pixel in base alla somiglianza con un template
- Il valore è determinato con una Cross Correlation tra l'immagine e il template
- Il template deve essere selezionato dall'utente
- Sono necessari alcuni filtri

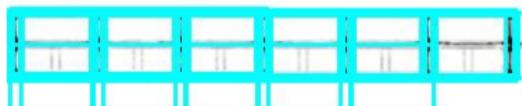
Template:



Immagine 2D degli scaffali:



Corrispondenze con il template (in azzurro):



Risultati filtrati:



# Descrizione del sistema sviluppato

- Soglia
  - ▶ Scarta i risultati dal valore troppo basso
- Non Maximum Suppression
  - ▶ Elimina le individuazioni multiple dello stesso oggetto
- Stima dell'orientamento delle file
  - ▶ Si ipotizza che gli scaffali siano disposti in file
  - ▶ Scarta i risultati troppo lontani dalle file stimate

**Soglia alta - individuazione di pochi risultati**



**Filtro NMS - rimozione dei duplicati**



**Stima delle file di scaffali con i risultati rimasti**



**Soglia bassa - si ripete la ricerca**



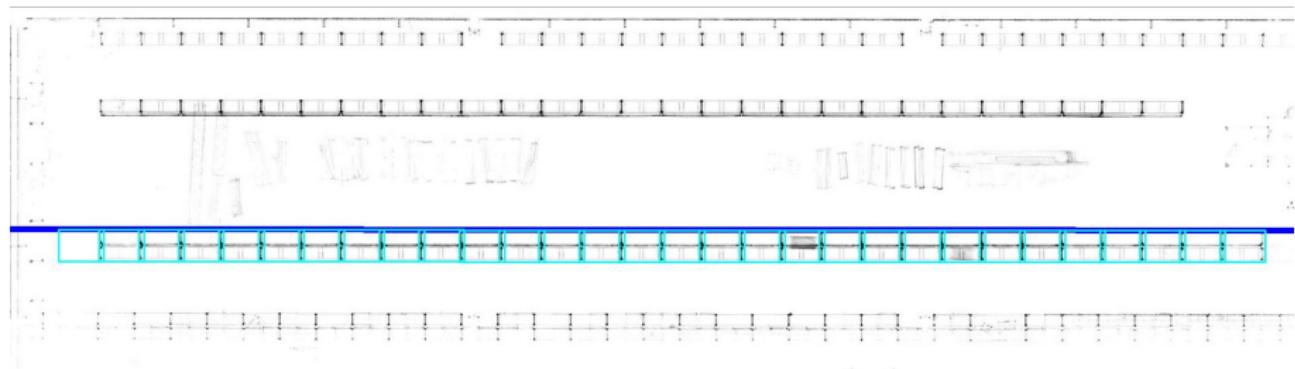
**Eliminazione dei risultati troppo lontani dalle file ipotizzate**



**Filtro NMS - eliminazione dei duplicati rimanenti**

# Risultati su un magazzino completo

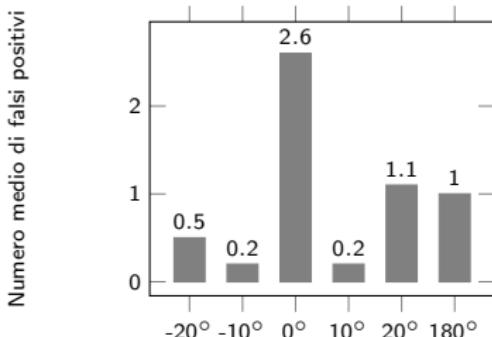
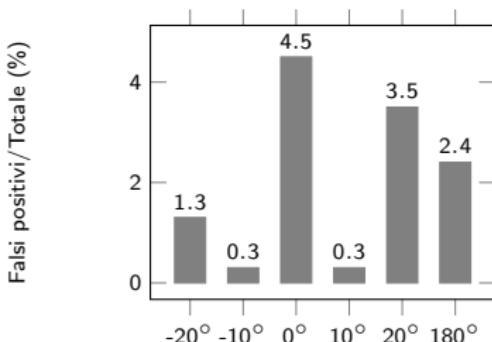
- La linea blu rappresenta la fila di scaffali ipotizzata dal sistema
- Si può osservare un falso positivo che è sfuggito ai filtri, a sinistra nell'immagine



# Risultati statistici

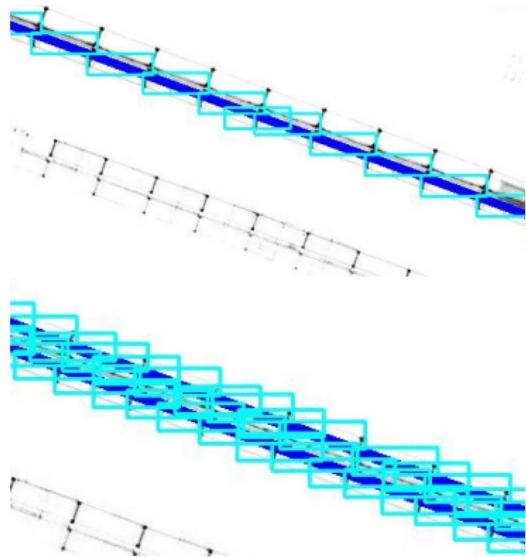
- Mediamente il sistema trova quasi tutti gli oggetti cercati ma genera spesso qualche falso positivo
- Correggere un falso positivo è preferibile a correggere un falso negativo
- I tempi di generazione dell'immagine 2D sono inferiori a un'ora su un magazzino di  $95m \times 27m$
- Una volta generata l'immagine, la ricerca richiede pochi minuti sul magazzino mostrato

Dati ottenuti da test svolti con diversi orientamenti delle file di scaffali:



# Limitazioni

- La scelta del template può influenzare i risultati
- Il filtro NMS a volte elimina risultati corretti
- La funzione che stima le file di scaffali è inefficiente se gli scaffali non sono in fila
- Al momento il sistema non trova scaffali simili al template ma orientati diversamente
- Non è stato possibile verificare sul campo il livello di precisione dei dati ottenuti



# Sviluppi futuri

- Ricerca di oggetti orientati diversamente dal template
- Miglioramenti del filtro NMS
- Verifica sul campo della correttezza dei risultati ottenuti
- Integrazione del sistema nella progettazione di magazzini automatizzati

Grazie

Grazie per l'attenzione!

Giorgio Ghisotti  
[giorgio.ghisotti@studenti.unipr.it](mailto:giorgio.ghisotti@studenti.unipr.it)