

Metodologie avanzate per la robotica mobile

Renato UR Zaccaria
4 Giugno 2021
(con 12 slide accessorie)



Avvertenza

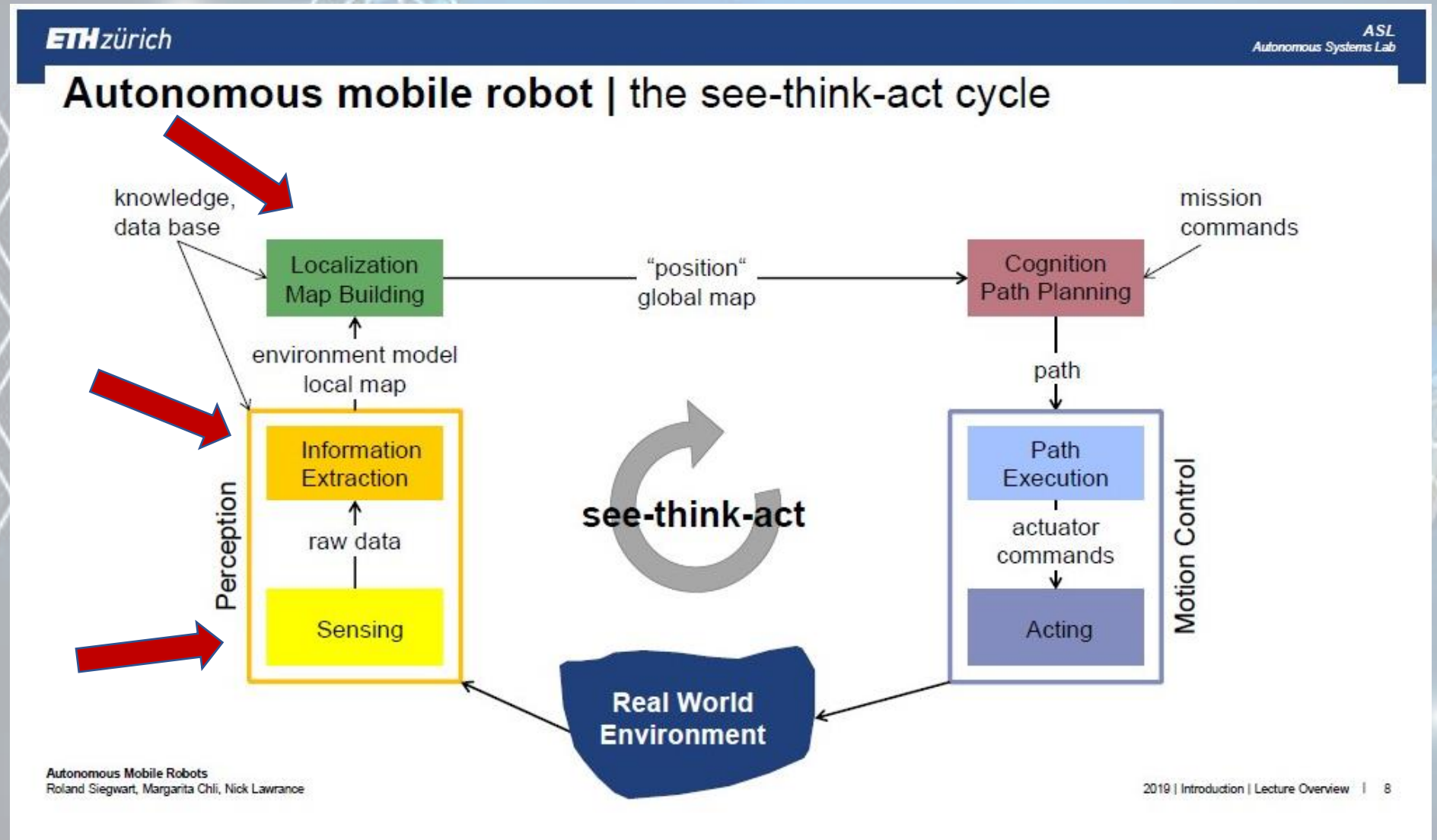
- I video usati in questa presentazione sono segmenti presi da video pubblicati su YouTube da produttori commerciali, che ne detengono i diritti
- La scelta dei video è stata fatta unicamente in base a criteri di illustrazione di principi scientifici e tecnologici
- In nessun caso si intende fare alcun tipo di pubblicità o comparazione fra i moltissimi prodotti commerciali esistenti; al contrario, quando è stato possibile, i segmenti video sono stati selezionati anche in modo da non enfatizzare il nome del produttore
- Questa presentazione si limita ad individuare punti scientifici e tecnologici degni di attenzione per l'evoluzione degli AGV, indoor e outdoor

Contenuti:

- Alcune slide (con titolo in verde) rappresentano approfondimenti e non saranno presentate
- Glossario:
 - IA Intelligenza Artificiale
 - MV Machine Vision
 - ML Machine Learning
 - DL Deep Learning
 - DGPS Differential GPS
 - GNSS Global Navigation Satellite System
 - SLAM Simultaneous Localisation And Mapping

Così si insegna la teoria

Parleremo
di questo



Evoluzione dei metodi principali

- Guida a filo
- Magneti
- Banda colorata
- Triangolazione con laser
- Guida odometrica e laser anticollisione
- GPS
- contour navigation
- Vision based



Critiche, limiti, desideri

- Flessibile?
- Ambiente dinamico?
- Flotta con pianificazione on line?
- Outdoor?
- Fasi di apprendimento e messa in servizio?
- Affidabilità? Sicurezza?



Fondere più sensori (*sensor fusion*)

- Conoscenza statistica del veicolo
- Apprendimento automatico del veicolo (Machine Learning)
- Apprendimento dell'ambiente
- Sensori multipli, non omogenei, indoor e outdoor
- informazioni da sottosistemi diversi (es: visione, scambio con altri veicoli, aggiornamenti in linea)
- Kalman, SLAM, Machine Vision, AI: Machine Learning, Deep Learning
- [Esempio](#)

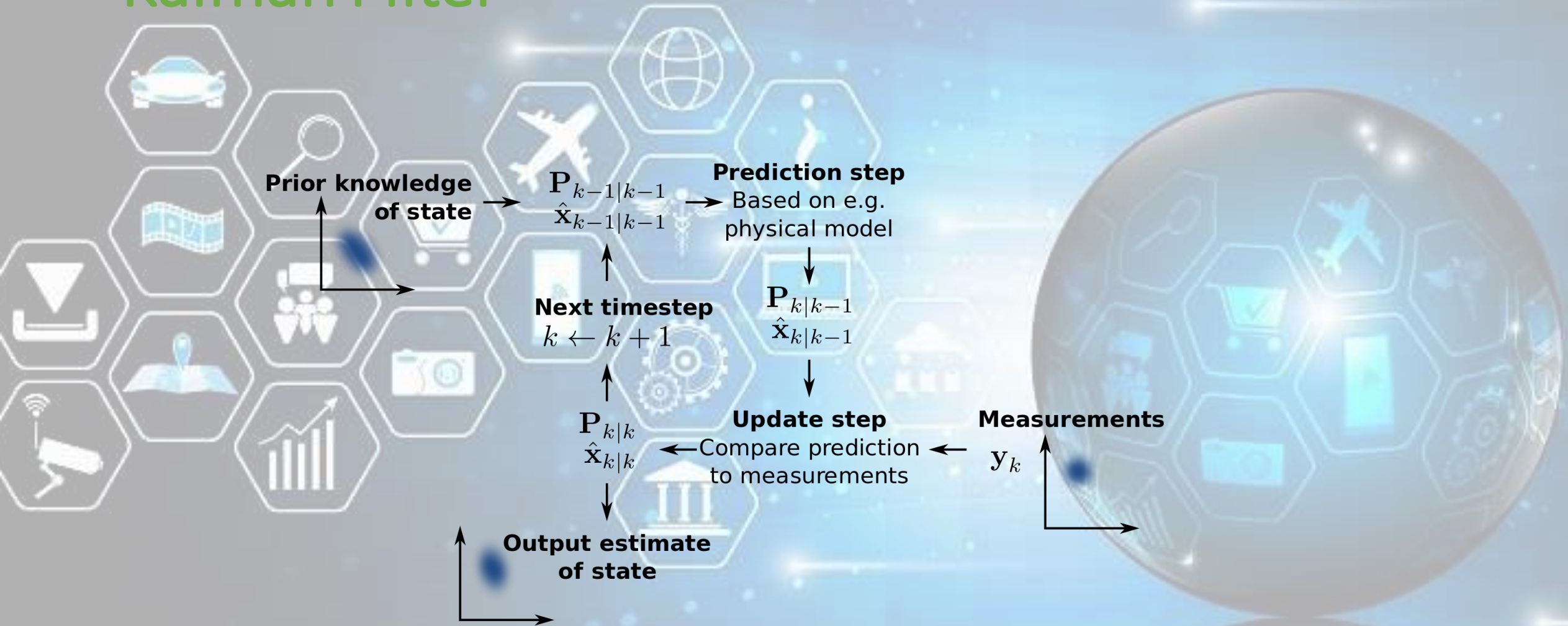
Esempio: Kalman, ML (2015)

- [Navigazione di un AGV con sensori assolutamente minimali](#)
- Meccanica di fascia bassa, analogico: Add-On su transpallet, aggiunta dei soli encoder
- 1 Hz testa laser, nessuna triangolazione, pochissimi beacons
- Kalman fonde odometria, scansioni laser di sicurezza, e beacon
- ML per posizioni beacons
- ML per individuazione pallet da parte del laser di sicurezza

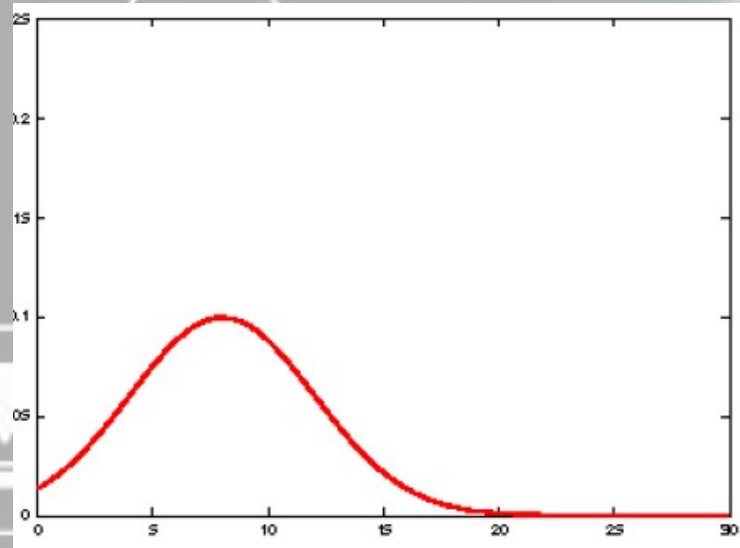
Filtro di Kalman per la stima della posizione

- Fonde la previsione della posizione (dal comando), l'odometria (misura), ogni altro sensore (misura: beacon, contorno, gps...) e tramite le loro proprietà statistiche stima la nuova posizione ad ogni passo di movimento elementare
- Ogni misura non è usata « per se » ma fusa con la previsione e con le misure disponibili
- Un eventuale sistema di visione (LIDAR o immagini) produce ulteriori *misure*
- **Complesso** ma « indispensabile »
- Richiede la **conoscenza** statistica dei sensori e del sistema (eventualmente appresa con metodi di ML)

Kalman Filter

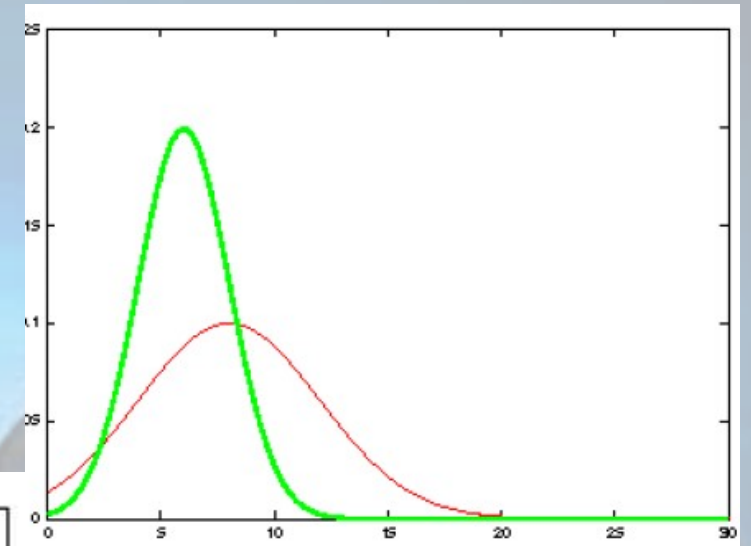
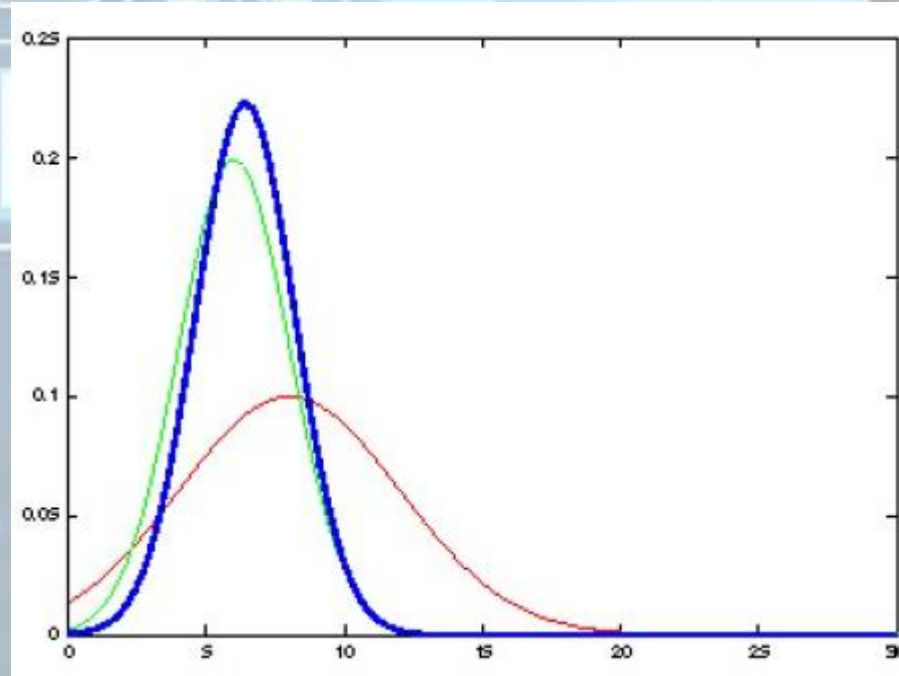


Kalman



Misura della posizione

Miglior stima della posizione



Misura data dal Sensore

SLAM *Simultaneous Localisation And Mapping*

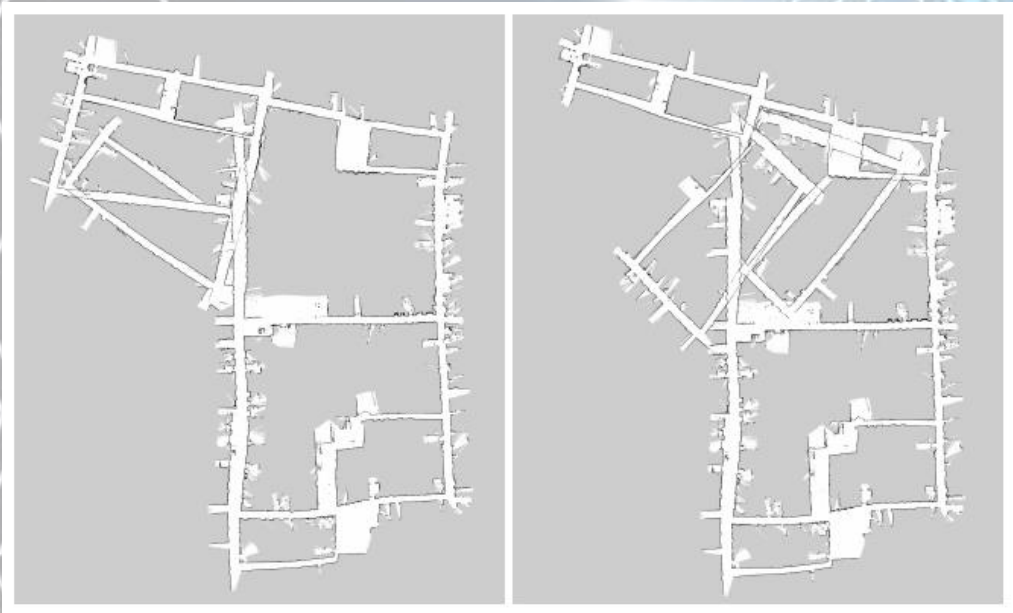
- Localizzazione e costruzione della mappa condotte simultaneamente
- Richiede Kalman
- Può partire da una conoscenza parziale dell'ambiente
- Nell'ambiente si individuano *Landmarks*
- Ciclo:
 1. Stima dello spostamento
 2. Osservazione
 3. Associazione dati – percezioni (landmarks)
 4. Aggiornamento della mappa
 5. Generazione di nuovi landmarks (es.: visione)
 6. Riconoscimento di luoghi già visitati (*loop closure*)
- Può essere molto complesso
- Può richiedere MV, ML o DL
- Può avvenire scambio (condivisione) di mappe

SLAM *DIONISO*

- SLAM realizzato da soccorritori che esplorano una zona terremotata
- Il *rescuer* è un «AGV» che si aggira con strategie di esplorazione e condivide con altri le mappe parziali
- Il GPS è gestito dallo smartphone



SLAM cento storico Genova



Chiusura del loop



Metodi indispensabili per outdoor

- MV, ML, DL
- Kalman, SLAM
- GPS, DGPS, GNSS
- Compromesso velocità/precisione usando GPS, DGPS o GNSS →
- [Esempio outdoor 1](#)
- [Esempio outdoor 2](#)



Machine Vision dal 2007 al 2020

- [DARPA 2007](#)
- [2020](#)
- Cosa è cambiato nel frattempo?



Machine Vision dal 2007 al 2020

- Cosa è cambiato nel frattempo?
- Ha funzionato la *Legge di Moore*
- Una scheda sostituisce i computer dei DARPA 2007
- 2 chip per gli algoritmi di IA basati su DL
- Hanno appreso tecniche di guida da 10^5++ esempi



Apprendere: Machine Learning / Deep Learning

- Il Machine Learning è quella branca dell'informatica che dà ai computer la possibilità di **imparare** qualcosa senza che questo gli venga **esplicitamente** insegnato.
- Il “fare cose che prima non potevamo fare” o “automatizzare i processi” non sono elementi caratteristici del Machine Learning.
- “imparare” significa che viene acquisita una conoscenza e che questa può essere messa in pratica anche in futuro. Quindi noi insegniamo qualcosa al computer in modo che questi possa ripeterla in futuro senza il nostro intervento.
- senza che gli venga **esplicitamente** insegnato l'intervento umano è necessario affinché il computer possa apprendere, ma tale intervento non consiste nel dire esplicitamente al computer come comportarsi. Invece diamo al computer una sorta di “chiave di lettura”, degli algoritmi, per fare in modo che possa interpretare i dati a disposizione.
- Da qui in poi andrà avanti da solo, e sarà lui poi a decidere cosa fare nel momento in cui dovrà mettere in pratica il suo apprendimento.

Apprendimento

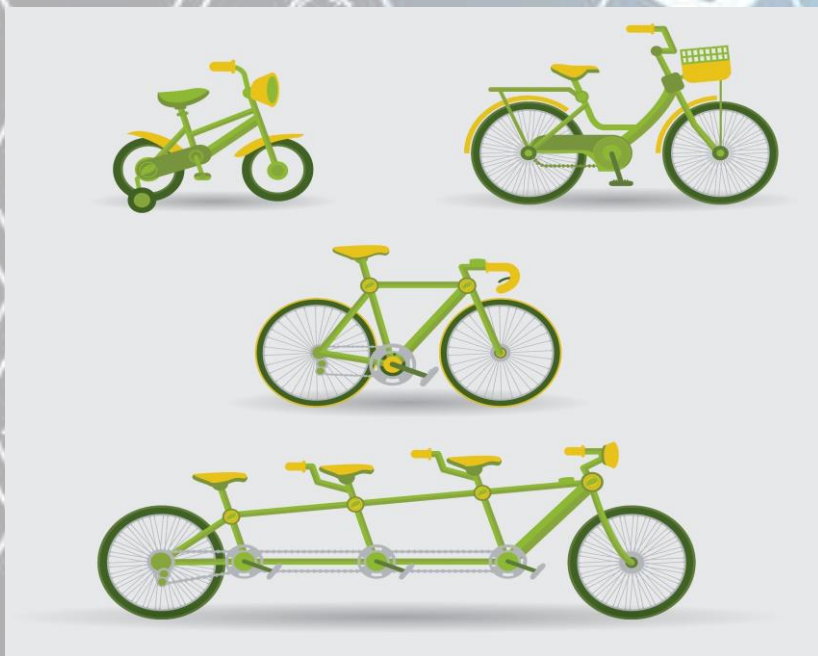
- L'apprendimento del computer nel Machine Learning viene di solito suddiviso in due grandi macro-categorie:
 - **apprendimento supervisionato**
 - apprendimento non-supervisionato
- L'apprendimento supervisionato è quello in cui il computer apprende usando dei dati "etichettati".
- Le etichette riportano il valore della grandezza che si vuole che il computer impari a predire, spesso indicata semplicemente come "output".
- Quindi, per ogni osservazione, oltre ai valori di input, è noto anche il valore dell'output su cui il computer impara.

Come funziona

- Supponiamo che vogliamo insegnare ad un bambino a riconoscere una bicicletta da una macchina, senza che lui ne abbia mai viste in vita sua.
- Come dataset utilizziamo un insieme di 10 immagini diverse di biciclette e 10 di automobili.
- Mostriamo al bambino le immagini con le biciclette e gli diciamo che quelle sono biciclette, lasciando che lui capisca da solo quali sono le caratteristiche delle biciclette.



Dataset



Domanda

Infine, facciamo vedere al bambino una nuova immagine, *mai usata prima*, e gli chiediamo se si tratta di un'automobile o di una bicicletta.



Apprendimento non supervisionato

- L'apprendimento non-supervisionato, invece, è quello in cui il computer apprende usando dati che **non sono etichettati**.
- Il computer deve dunque imparare senza conoscere l'output, ma avendo a disposizione solo i dati di input.
- Si tratta di una tipologia di problemi normalmente più complessa di quella supervisionata.
- Ripetiamo l'esempio precedente in modalità non supervisionata.
- Possiamo usare sempre lo stesso dataset, ma questa volta quando facciamo vedere le foto al bambino, non gli diciamo quali sono le biciclette e quali le automobili. Invece, gliele facciamo vedere tutte insieme.
- Il bambino deve capire da solo che le immagini appartengono a due categorie diverse, perché hanno delle caratteristiche diverse.
- Quando mostriamo una nuova immagine al bambino, di certo non potrà dirci se si tratta di una bicicletta o di un'automobile, perché nessuno gli ha insegnato queste parole.
- Però, potrà comunque essere capace di classificarla, secondo i gruppi che lui stesso ha creato durante la fase di apprendimento.

Apprendimento non supervisionato

Il bambino potrebbe trovare *più di due* categorie

Le categorie trovate potrebbero essere molto diverse da quanto ci aspettiamo

Ad esempio, il bambino potrebbe decidere di raggruppare le immagini in base a:

- Colore

- Dimensione

- Numero di ruote

-

- Permette di *scoprire* classificazioni e relazioni fra dati raccolti, fra percezioni

Apprendimento non supervisionato

Esempi:

- Relazioni fra persone, redditi dichiarati e imposte pagate
- Classificare movimento di una persona relazione alle ore del giorno
- Marketing: gruppi di consumatori nello shopping, nel turismo
- Riconoscimento della voce (Alexa)
- Classificazione di materiale audiovisivo e immagini
- Riconoscimento di eccessi nelle chat o nei social
- Riconoscimento landmark, luoghi già visitati
- ...

Quanti algoritmi?

Esistono centinaia di algoritmi di Machine Learning, se non migliaia. E' importante capire subito che non esiste **l'algoritmo perfetto**, quello giusto per tutte le circostanze.

Di solito, ogni algoritmo è indicato solo per alcuni tipi di problemi e non per altri.

Quindi il primo passo da fare nella scelta dell'algoritmo per il proprio problema di Machine Learning è capire se ci si muove in uno scenario di apprendimento supervisionato o non-supervisionato, e se è di classificazione, regressione o clustering.

Machine Learning Algorithms *(sample)*

	<u>Unsupervised</u>	<u>Supervised</u>
<u>Continuous</u>	<ul style="list-style-type: none">• Clustering & Dimensionality Reduction<ul style="list-style-type: none">◦ SVD◦ PCA◦ K-means	<ul style="list-style-type: none">• Regression<ul style="list-style-type: none">◦ Linear◦ Polynomial• Decision Trees• Random Forests
<u>Categorical</u>	<ul style="list-style-type: none">• Association Analysis<ul style="list-style-type: none">◦ Apriori◦ FP-Growth• Hidden Markov Model	<ul style="list-style-type: none">• Classification<ul style="list-style-type: none">◦ KNN◦ Trees◦ Logistic Regression◦ Naive-Bayes◦ SVM

AGV intelligenti? Forse.

- [Esempio](#)
- SLAM
- Decisioni autonome distribuite e non centralizzate



GRAZIE DELL'ATTENZIONE!

Metodologie avanzate per la robotica
mobile

