

Analisi di diversi scenari per il particle filter:

Assignment 3 PAAV - *Salvatore Di Lorenzo*

Scenario di riferimento

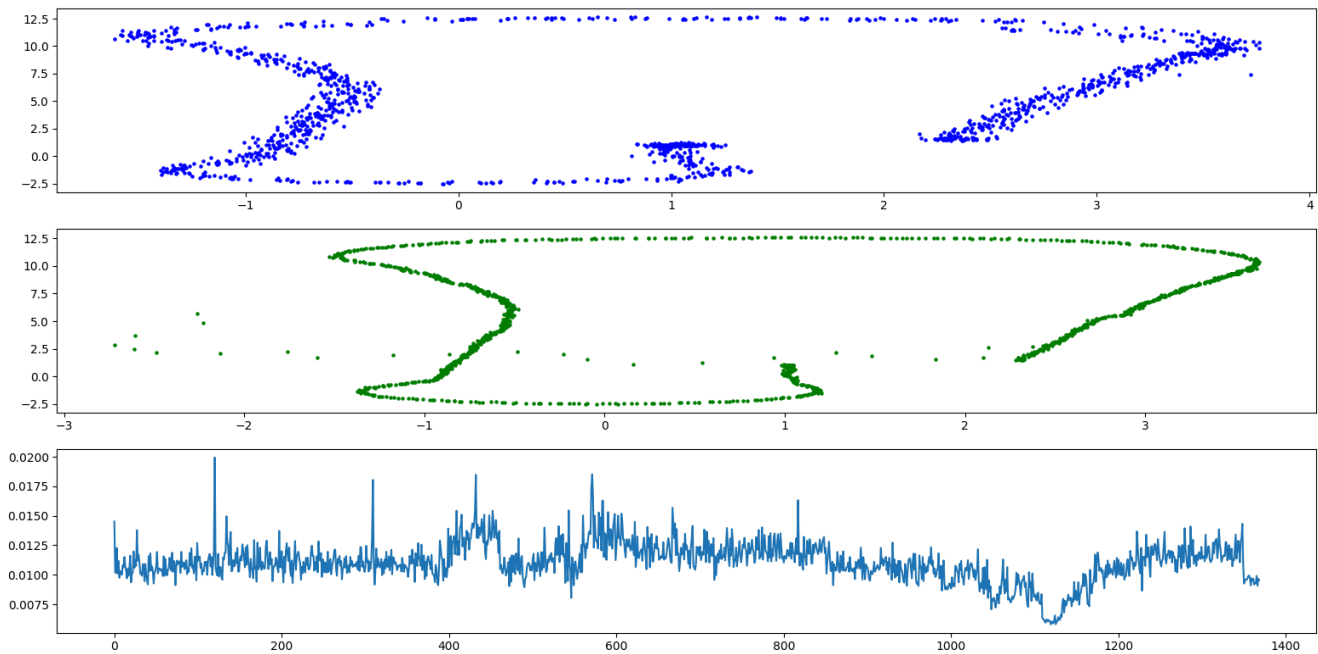
Questo scenario viene utilizzato come riferimento iniziale per tutti i successivi scenari. I parametri utilizzati in questo caso rappresentano un valore intermedio all'interno degli intervalli suggeriti. Più nello specifico, viene suggerito di testare un intervallo da 0.01 a 0.5 per quello che riguarda il rumore relativo al movimento del robot, e un intervallo da 0.1 a 0.5 relativamente al rumore dei sensori.

Parametri

	X	Y	theta
Rumore d'inizializzazione	0.1	0.1	0.1
Rumore del movimento	0.2	0.2	0.2
Rumore dei sensori	0.2	0.2	

Numero di particelle	1000
Algoritmo di resampling	Wheel
Tipo di inizializzazione	Da GPS

Risultati



I risultati ottenuti dimostrano che il robot viene localizzato molto approssimativamente. La traiettoria individuata nei due tratti rettilinei lungo l'asse delle x risulta, in realtà, piuttosto accurata. Discorso diverso invece nel caso delle traiettorie individuate nei tratti rettilinei lungo entrambi gli assi e nelle curve, dove la precisione del particle filter diminuisce drasticamente.

Scenario 01 - Riduzione del rumore su theta

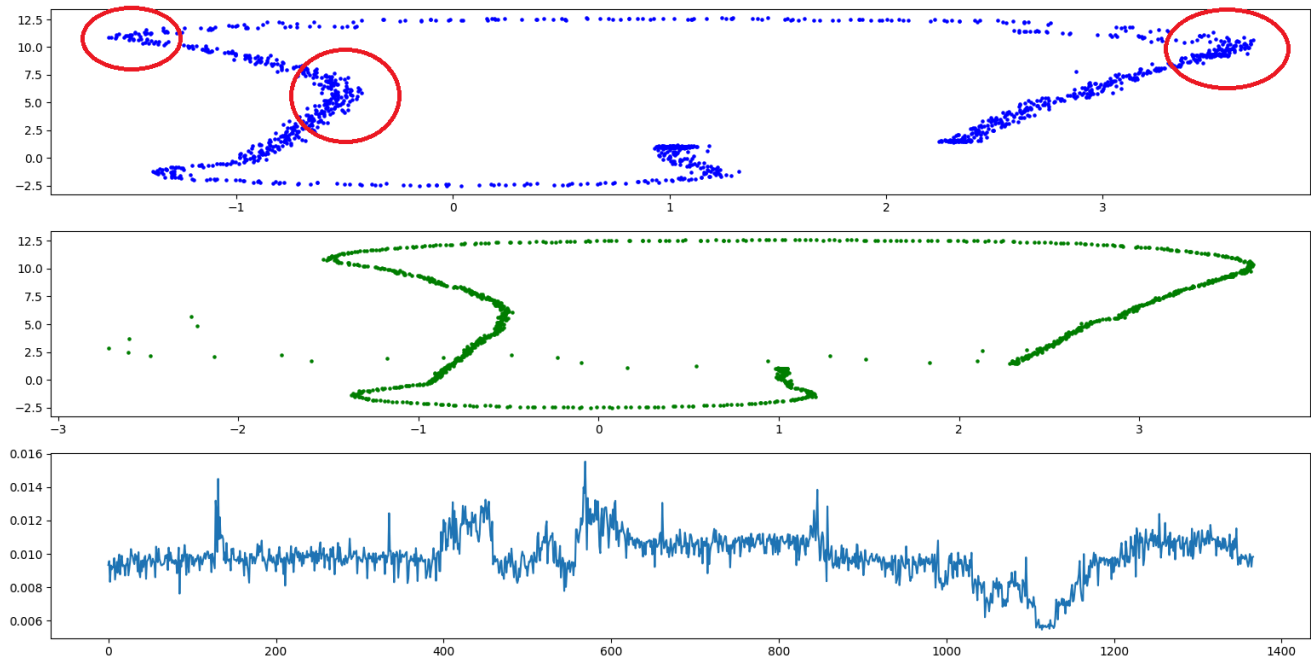
In questo scenario si tenta di aumentare la precisione nella rilevazione delle curve. Per questo motivo il rumore relativo all'angolo di virata (θ) viene ridotto in modo tale da generare un alto numero di particelle caratterizzate da un angolo di virata simile. Questa misura è stata adottata in seguito all'osservazione della traiettoria identificata dal particle filter implementato da Hipert: si può notare, infatti, che il robot da localizzare non effettua curve brusche e, per questo motivo, generare particelle con angolo di virata molto diverso non è utile.

Parametri

	X	Y	theta
Rumore d'inizializzazione	0.1	0.1	0.1
Rumore del movimento	0.2	0.2	0.05
Rumore dei sensori	0.2	0.2	

Numero di particelle	1000
Algoritmo di resampling	Wheel
Tipo di inizializzazione	Da GPS

Risultati



I risultati ottenuti dimostrano quanto previsto precedentemente. Difatti, la riduzione del rumore sull'angolo di virata, permette di localizzare più precisamente tutte le curve effettuate dal robot. La differenza rispetto allo scenario di riferimento è visibile soprattutto nei tratti cerchiati, dove la dispersione delle particelle risulta molto minore. Tuttavia, la traiettoria identificata nei tratti rettilinei lungo entrambi gli assi risulta ancora piuttosto imprecisa e "larga".

Scenario 02 - Riduzione del rumore su assi X e Y

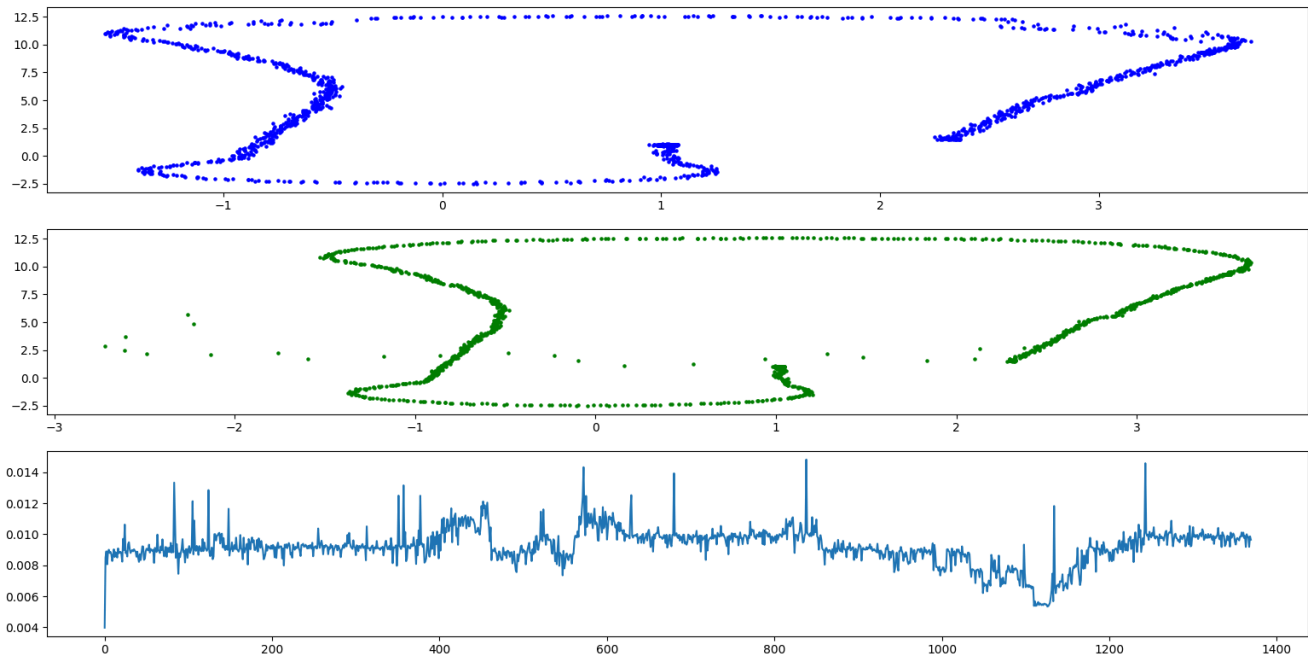
L'obiettivo di questo scenario è quello di ridurre la larghezza dei tratti rettilinei obliqui. Per ottenere questo risultato, quindi, si riduce il rumore di movimento su entrambi gli assi. Con questa modifica, il particle filter distribuisce le particelle generate ad una minore distanza l'una dall'altra. Questo è dovuto al fatto che, riducendo il rumore sugli assi x e y, la fase di prediction dà più "fiducia" alle misurazioni odometriche. I valori dei parametri vengono illustrati di seguito e sono frutto di altri test non descritti nel presente report.

Parametri

	X	Y	theta
Rumore d'inizializzazione	0.1	0.1	0.1
Rumore del movimento	0.05	0.05	0.05
Rumore dei sensori	0.2	0.2	

Numero di particelle	1000
Algoritmo di resampling	Wheel
Tipo di inizializzazione	Da GPS

Risultati



Come visibile nel grafico, la traiettoria identificata dal particle filter risulta complessivamente molto precisa e molto simile all'implementazione di Hipert. Come previsto, la larghezza dei tratti rettilinei obliqui è stata ridotta. Tuttavia, riducendo ulteriormente i parametri relativi al rumore del movimento sui due assi la precisione diminuisce drasticamente, portando all'identificazione di traiettorie del tutto scorrette.

Scenario 03 - Riduzione del numero di particelle

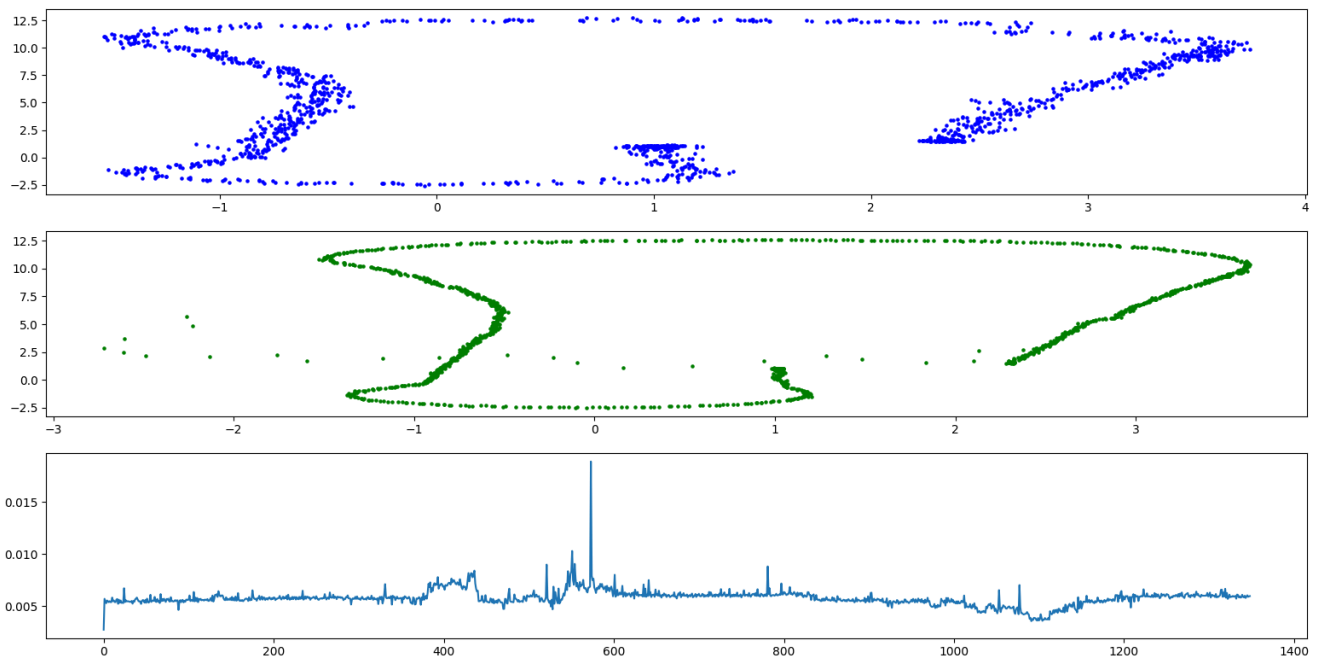
Questo scenario vuole studiare il tradeoff tra numero di particelle e tempo di esecuzione per ogni iterazione. In particolare, se nei precedenti scenari è stato utilizzato un numero di particelle abbastanza alto (1000), in questo scenario si studia la traiettoria individuata dall'utilizzo di sole 100 particelle.

Parametri

	X	Y	theta
Rumore d'inizializzazione	0.1	0.1	0.1
Rumore del movimento	0.05	0.05	0.05
Rumore dei sensori	0.2	0.2	

Numero di particelle	100
Algoritmo di resampling	Wheel
Tipo di inizializzazione	Da GPS

Risultati



Dal grafico è possibile osservare che a causa della riduzione del numero di particelle, aumenta notevolmente l'imprecisione nella traiettoria che, in questo scenario, è piuttosto "larga" indicando una maggior dispersione delle particelle. Questo si traduce nel fatto che, a parità di rumore, la densità di particelle diminuisce provocando salti più accentuati tra le posizioni delle particelle migliori ad ogni iterazione. Il vantaggio introdotto in questo scenario, però, è rappresentato dal tempo di esecuzione, che risulta dimezzato rispetto al caso dello scenario di riferimento.

Scenario 04 - Inizializzazione random delle particelle

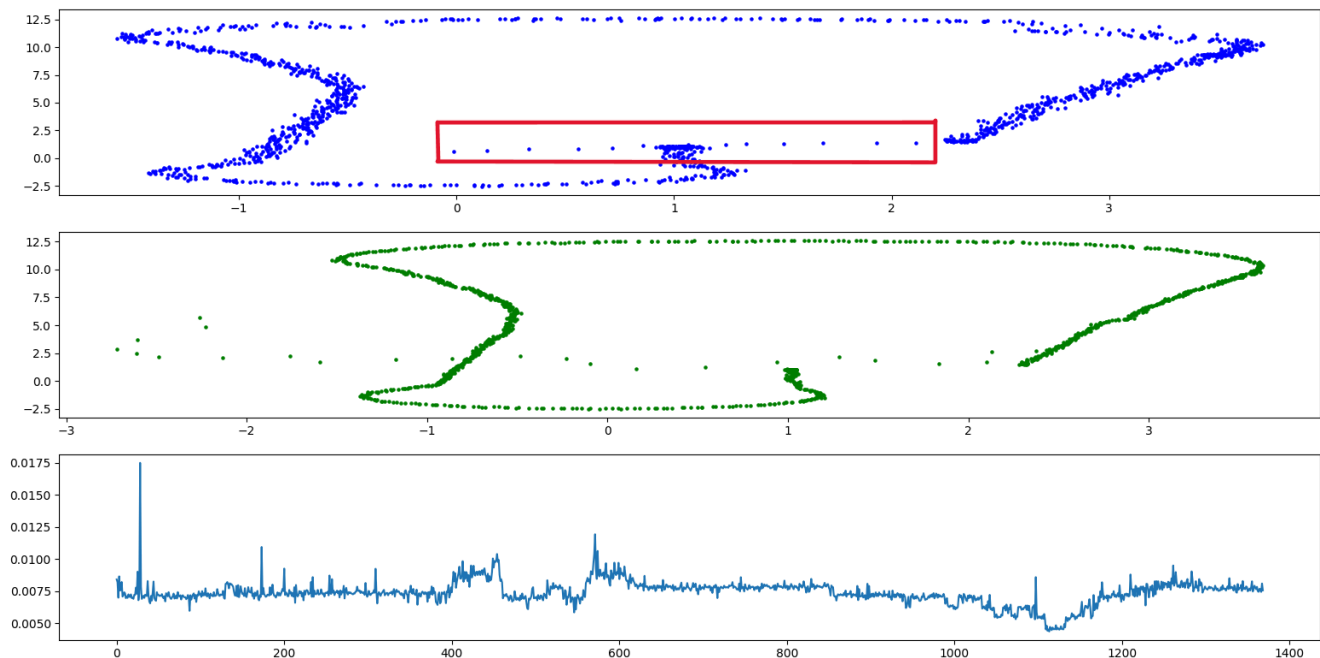
Questo scenario vuole evidenziare le eventuali differenze presenti nella traiettoria individuata dal particle filter implementato nel caso non si disponga della posizione iniziale del robot. In questo caso, quindi, la fase di inizializzazione prevede la generazione di particelle distribuite uniformemente sull'intera mappa.

Parametri

	X	Y	theta
Rumore d'inizializzazione	0.1	0.1	0.1
Rumore del movimento	0.05	0.05	0.05
Rumore dei sensori	0.2	0.2	

Numero di particelle	500
Algoritmo di resampling	Wheel
Tipo di inizializzazione	Random

Risultati



Il grafico evidenzia una peculiarità rispetto a tutti gli altri scenari: è presente una linea di punti molto distanziati tra loro. Questi punti descrivono le posizioni della miglior particella durante le prime iterazioni del particle filter. Questo comportamento è dovuto al fatto che, inizialmente, le particelle sono molto sparse e occorre attendere che l'algoritmo attribuisca un maggior peso alle particelle più rappresentative al fine di stabilizzare la posizione; solo una volta pesate correttamente le migliori particelle (ovvero quelle generate nei pressi del robot) il particle filter procede normalmente. Si afferma, quindi, che l'inizializzazione casuale delle particelle provoca una minore stabilità nella fase iniziale del particle filter.

Si sottolinea inoltre che il numero di particelle è stato fissato a 500 a seguito di alcuni test: utilizzando 100 particelle l'algoritmo converge difficilmente dato che si riduce la probabilità che una particella venga generata nei pressi del robot; al contrario utilizzando 1000 particelle il comportamento del sistema diviene assai simile allo scenario con inizializzazione da GPS in quanto è probabile che un buon numero di particelle venga generato nei pressi del robot.

Scenario 05 - Confronto tra diversi metodi di resampling

In questo scenario si vogliono confrontare i tempi di esecuzione dei diversi metodi di resampling e, per accentuare le eventuali differenze, si utilizza un numero di particelle molto alto (5000). In particolare, si considerano due ulteriori metodi di resampling: systematic e stratified.

Systematic resampling

Questo metodo prevede la creazione di un array che rappresenta la distribuzione cumulativa dei pesi delle particelle.

Il resampling avviene in questo modo:

1. Si seleziona un valore iniziale casuale in un intervallo tra 0 e $1/N$, dove N è il numero di particelle.
2. Successivamente, per ogni iterazione, viene aggiunto il valore di $1/N$ al numero casuale calcolato al punto 1. Il numero ottenuto viene utilizzato per selezionare una nuova particella da campionare a partire dall'array della distribuzione cumulativa: se il numero ottenuto è maggiore della probabilità P_i ma minore della probabilità P_j allora viene selezionata la particella j .

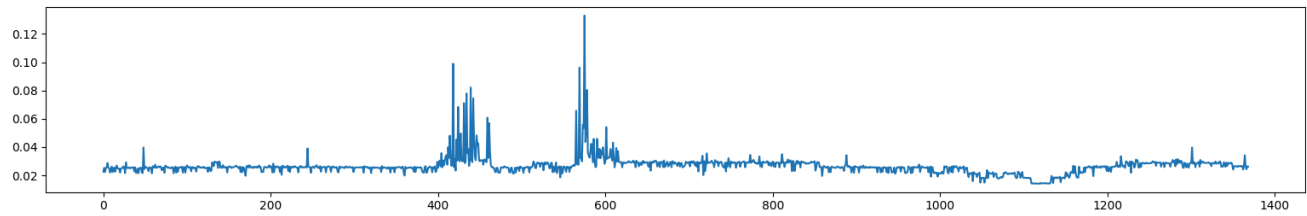
Stratified resampling

Si tratta di un metodo molto simile al systematic resampling. L'unica differenza da quest'ultimo è rappresentata dal modo in cui viene calcolato il numero dedicato alla selezione di una nuova particella. In particolare, invece che generare un numero casuale tra 0 e $1/N$ nella fase iniziale e aggiungere una quantità fissa pari a $1/N$ ad ogni iterazione, lo stratified resampling genera un numero casuale ad ogni iterazione all'interno di ogni sezione. Questo significa che il numero utilizzato per il campionamento è calcolato come: $x = \text{random}(0, 1/N) + (1/N) * i$ dove i corrisponde al valore della variabile induttiva.

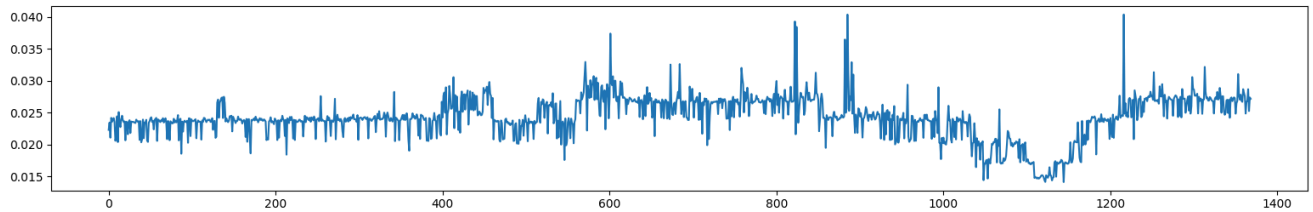
Parametri

	X	Y	theta
Rumore d'inizializzazione	0.1	0.1	0.1
Rumore del movimento	0.05	0.05	0.05
Rumore dei sensori	0.2	0.2	

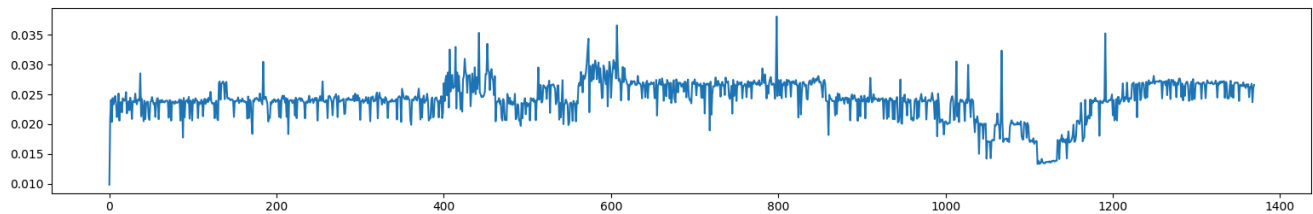
Numero di particelle	5000
Algoritmo di resampling	Systematic e Stratified
Tipo di inizializzazione	Da GPS



Wheel resampling



Systematic resampling



Stratified resampling

Risultati

I grafici mostrano una lieve differenza nel tempo di esecuzione. Si può osservare, in particolare, che il wheel resampling presenta molti più picchi ben più alti rispetto agli altri due metodi di resampling che, al contrario, risultano più stabili. Si sottolinea che la traiettoria identificata dai tre metodi di resampling è identica e per questo motivo è stata omessa in questo scenario.