IMPLEMENTAZIONE STRATEGIA 2 IMPULSI DIRETTA:

--- Prima manovra ---

Punto di manovra: 173.33 gradi

Costo della manovra: 0.764 km/s

Tempo di manovra: 0.0 s

Nuova orbita dopo manovra:

a e i OM om th

9606.51 0.0614 57.35 86.63 62.76 190.75

Errore sul primo punto di manovra: 0.00 m

--- Seconda manovra ---

Punto di manovra: 53.34 gradi

Costo della manovra: 4.217 km/s

Tempo di manovra: 5615.2 s

Nuova orbita dopo manovra:

a e i OM om th

14020.00 0.3576 75.75 55.94 103.88 24.84

Errore sul secondo punto di manovra: 0.31 m

---- Riassunto strategia 2 impulsi diretta ----

Variazione di velocità totale: 4.981 km/s

Tempo totale di manovra:

Secondi: 5615.16 s

Minuti: 93.59 m

Ore: 1.56 h

Giorni: 0.06 d

IMPLEMENTAZIONE 2 IMPULSI DIRETTA CON LAMBERT LIBRO

MANOVRA CON V\_tot MINIMA

Costo della manovra: 4.9811

Tempo di manovra: 5617

Velocita 1 manovra: 0.7637

Velocita 2 manovra: 4.2174

Parametri Orbitali:

a e i OM om th

9607.05 0.0613 57.35 86.63 62.96 190.55

Errore sul primo punto di manovra: 0.00 m

Errore sul secondo punto di manovra: 0.16 m

2 IMPULSI ASCENDENTE

%% MANOVRA CON V\_tot MINIMA %%

Costo Totale della manovra: 2.8508

Tempo Totale di manovra: 21029.43

Prima manovra:24.00

Punto di manovra:

Velocita: 0.8510

Angolo di velocità:

Parametri Orbitali:

a e i OM om

13559.33 0.3447 55.60 78.33 103.14

Errore sul primo punto di manovra: 0.00 m

Seconda manovra:

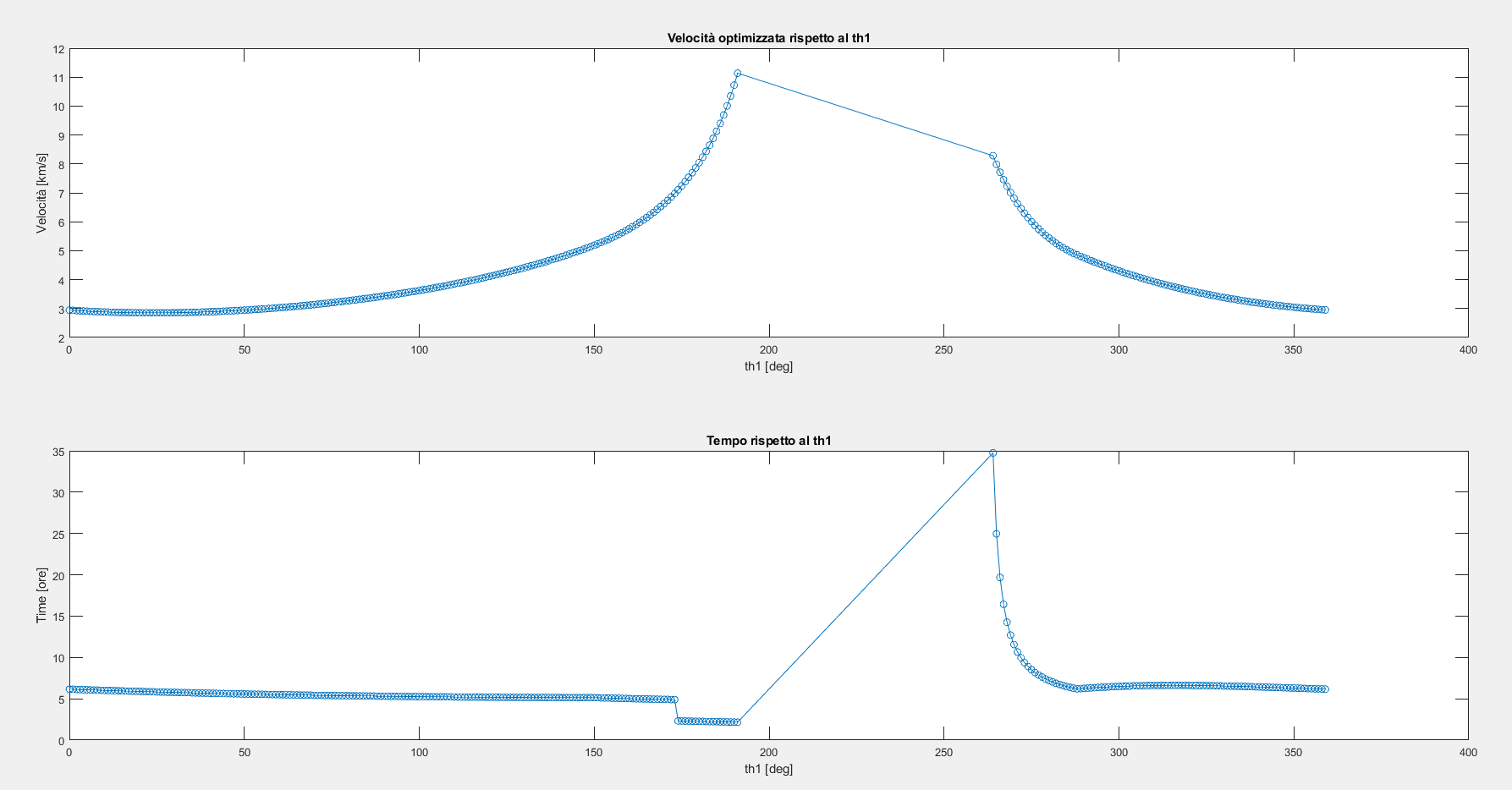
Punto di manovra:206.250514

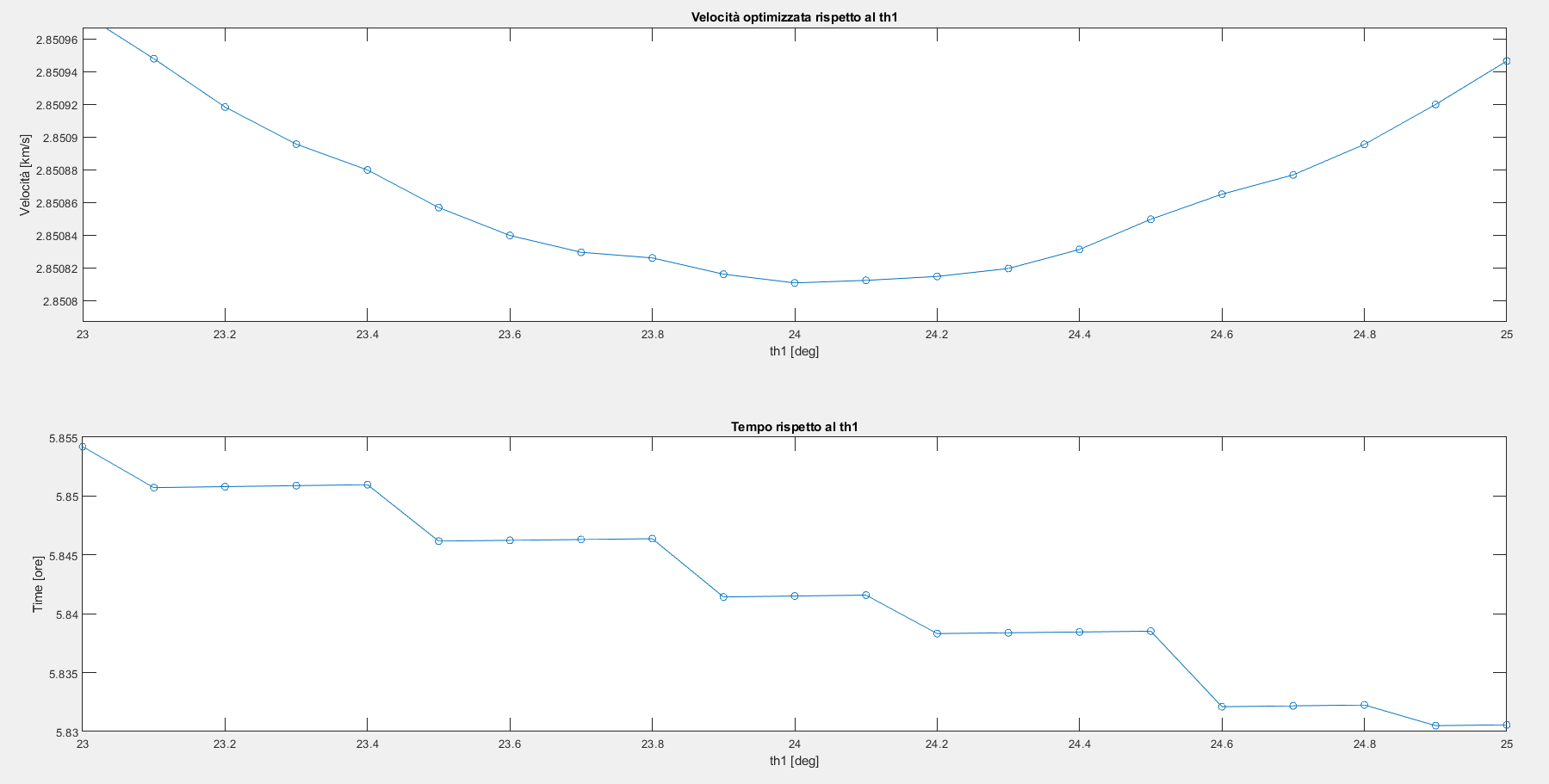
Velocita: 1.9998

Angolo di velocità:

Errore sul secondo punto di manovra: 0.01 m

Time of flight: 9874.44





2 IMPULSI DISCENDENTE

%% MANOVRA CON V\_tot MINIMA %%

Costo Totale della manovra: 3.6931

Tempo Totale di manovra: 22207.34

Prima manovra:263.00

Punto di manovra:

Velocita: 0.0891

Angolo di velocità:

Parametri Orbitali:

a e i OM om

9788.18 0.0738 55.60 78.33 62.82

Errore sul primo punto di manovra: 0.00 m

Seconda manovra:

Punto di manovra:66.568397

Velocita: 3.6040

Angolo di velocità:

Errore sul secondo punto di manovra: 0.84 m

Time of flight: 3372.64

MEGLIO:  
Costo Totale della manovra: 3.6931

Tempo Totale di manovra: 22207.22

Prima manovra: 262.70

Direttissima

Le successive due strategie si basano su delle manovre a due impulsi. Entrembe sfurttano una funzione chimata findOrbit che ha il compito di calcolare l’orbita di collegamento tra due punti su orbite conosciute. La funzione si basa su delle considerazioni geometriche e tramite calcoli numerici permette di valutare un largo numero di orbite di trasferimento. Infine restituisce l’orbita di collegamento con il minor delta\_v totale. La funzione fornisce dei risultati validi, ma riconosciamo una mancanza di una forte teoria matematica dietro il suo funzionamento. FindOrbit inoltre considera solo orbite ellittiche, in quanto richiedo minor energia, ed esclude tutte le orbite con apogeo all’interno dell’atmosfera terrestre. Nessuno esclude ulteriori sviluppi e miglioramenti in un futuro.

Grazie a questa funzione possiamo implementare la strategia diretta che collega il punto iniziale e quello finale.

SECANTE OTTIMIZZATA

La prossima strategia consiste in una classica manovra secante a due impulsi. L’obbiettivo, infatti, è quello di intercettare l’orbita finale in un punto, per poi stabilizzarsi su di essa e aspettare fino al target point.

Siccome nella strategia base abbiamo stabilito che il costo più alto risiede nel cambio di piano, conviene intersecare l’orbita direttamente lungo la retta di intersezione dei piani. In questo modo troviamo due punti interessanti sull’orbita finale: il nodo ascendente e il nodo discendente. Per come è stata scritta findOrbit è necessario fornire un punto di manovra sull’orbita iniziale. Così per curiosità abbiamo deciso di utilizzare un ciclo per verificare l’esistenza di un punto di manovra preferenziale che minimizzi il costo. Nel report abbiamo deciso di riportare solo con secondo punto di manovra al nodo ascendente perché contiene i risultati migliori e più significativi. Nei grafici sono riportati i costi in carburante e tempo al variare dell’anomalia vera del primo punto di manovra con discretizzazione di un grado. Per alcuni gradi la funzione findOrbit non ha trovato nessuna orbita ellittica che rispettasse i vincoli imposti.

In un’ulteriore analisi più precisa (discretizzazione di 0.1 gradi) abbiamo ottenuto il risultato migliore partendo da th=24.5 e ottenendo un costo di ----- km/s in ----- h.

EN version:

Intro

The purpose of this report is the analysis of the possible strategies for an orbital transfer and to select the best one based on a set of criteria. The objective of the transfer is to move a spacecraft from its initial orbit to a target orbit with specific orbital parameters provided by the instructor.

Our main objective is to shed light on the entire process. Starting from the organization of the team, the challenges we faced, and all the decisions.

From an organizational perspective, we divided the project into three main phases. The first involved an individual study of the problem, in which each team member created their functions and implemented the basic strategy. After a series of comparisons and backtesting, we integrated our solutions into a library of functions and wrote the standard strategy code.

The second phase focused on developing alternative strategies. We began with a brainstorming session to find the best ideas, and each of us worked on a specific class of transfers. During this phase, we used GitHub extensively for sharing code and problems.

After careful testing and validation of the results, we moved on to the final phase of the project, which involved writing the report and producing the PowerPoint presentation.

The problems encountered were mainly in the management of time and deadlines. It was challenging to balance this thesis project with our exams and classes.

It's time to start the most attractive part of the report.

What are the transfers possible with the lowest point of manoeuvre? Can we use only two impulses? Is that strategy sufficiently economic?

So we start to study some methods that can answer these questions.

The first idea is to directly connect the starting point with our target.

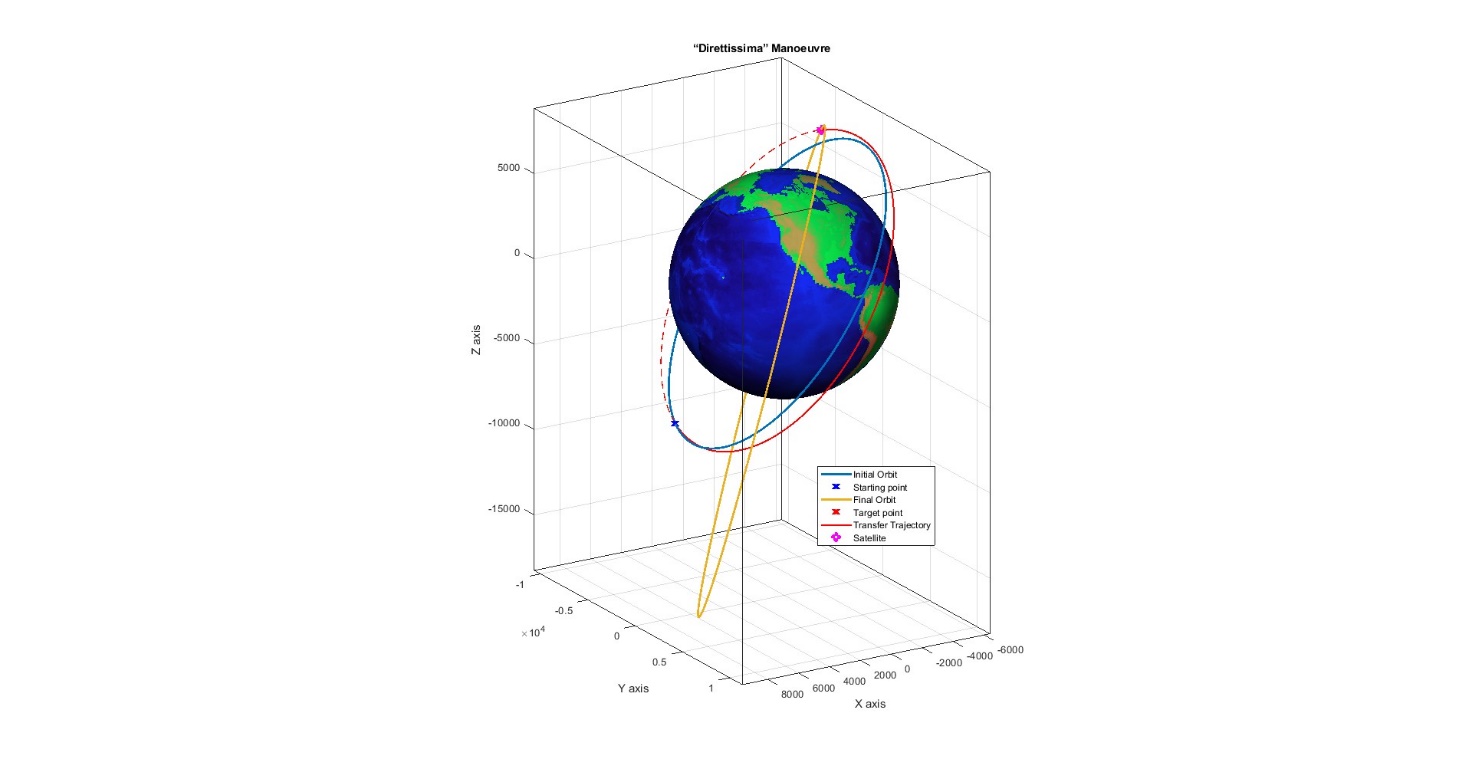


Table 1: “Direttissima” Manoeuvre

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t (s) | | a (km) | e (-) | | i (deg) | | Ω (deg) | ω (deg) | | θ (deg) | | Δv (m/s) | |
| 0 | | 9518.19 | 0.0705 | | 55.6003 | | 78.3328 | 84.7671 | | 173.3256 | |  | |
| t1  0 | | 9518.19 | 0.0705 | | 55.6003 | | 78.3328 | 84.7671 | | 173.3256 | | *763.815* | |
| 9605.49 | | | 0.0616 | | 57.35 | 86.63 | | 62.53 | | 190.98 | |  |
| t1  5617 | | 9605.51 | 0.0616 | | 57.35 | | 86.63 | 62.53 | | 53.20 | | *4217.297* | |
| 14020.00 | 0.3576 | | 75.75 | | 55.94 | 103.88 | | 24.84 | |
| tf | | 14020.00 | 0.3576 | | 75.75 | | 55.94 | 103.88 | | 24.84 | | *4981.11* | |

Tempo totale: 5616 s quasi 2h

Velocità totale: *4981.11 m/s*

Table 2: Optimized Secant Manoeuvre

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t (s) | a (km) | e (-) | i (deg) | Ω (deg) | ω (deg) | θ (deg) | Δv (m/s) |
| 0 | 9518.19 | 0.0705 | 55.6003 | 78.3328 | 84.7671 | 173.3256 |  |
| 5354 | 9518.19 | 0.0705 | 55.6003 | 78.3328 | 84.7671 | 24.04 | *850.994* |
| 13559.09 | 0.3446 | 55.60 | 78.33 | 103.14 | 5.66 |
| 15227 | 13559.09 | 0.3446 | 55.60 | 78.33 | 103.14 | 206.24 | *1999.816* |
| 14020.00 | 0.3576 | 75.75 | 55.94 | 103.88 | 214.98 |
| 21029 | 14020.00 | 0.3576 | 75.75 | 55.94 | 103.88 | 24.84 |  |

Tempo totale: 21029 s circa 6h

Velocità totale: *2850.81 m/s*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t (s) | | a (km) | e (-) | | i (deg) | | Ω (deg) | ω (deg) | | θ (deg) | | Δv (m/s) | |
| 0 | | 9518.19 | 0.0705 | | 55.6003 | | 78.3328 | 84.7671 | | 173.3256 | |  | |
| t1  0 | | 9518.19 | 0.0705 | | 55.6003 | | 78.3328 | 84.7671 | | 173.3256 | | *763.815* | |
| 9605.49 | | | 0.0616 | | 57.35 | 86.63 | | 62.53 | | 190.98 | |  |
| t1  5617 | | 9605.51 | 0.0616 | | 57.35 | | 86.63 | 62.53 | | 53.20 | | *4217.297* | |
| 14020.00 | 0.3576 | | 75.75 | | 55.94 | 103.88 | | 24.84 | |
| tf | | 14020.00 | 0.3576 | | 75.75 | | 55.94 | 103.88 | | 24.84 | | *4981.11* | |

