



Algoritmi di pianificazione e intelligenze artificiali

Alessandro Valetti

Relatore

Prof. Mario Bertaina

Tutor Aziendale

Ing. Ivano Musso

18/10/2018



Indice

- Obiettivi
- APSI
- Modello
- Ottimizzazione
- Risultati
- Conclusioni

Obiettivi dello stage

La pianificazione permette di definire la sequenza di attività che devono essere compiute, al fine di raggiungere un obiettivo, soddisfacendo vincoli legati a particolari condizioni del sistema in cui ci si trova ad operare.

Pianificazione delle attività sperimentali di un Rover, equipaggiato con una fotocamera, operante su suolo marziano.

A tal fine si è definito un modello con le seguenti caratteristiche:

- Routine di movimento;
- Routine di acquisizione immagini;
- Routine di comunicazione satellitare;
- Simulazione di finestre di comunicazioni inaccessibili e della qualità di ricezione;
- Gestione della batteria e del calore residuo della strumentazione;



Figura 1: Curiosity parte del progetto NASA Mars Science Laboratory.

Advanced Planning and Scheduling Initiative

Advanced Planning and Scheduling Initiative (APSI) è un framework sviluppato dall'European Space Agency (ESA) applicabile ad una vasta tipologia di missioni e operazioni spaziali.

APSI è stato sviluppato con due obiettivi principali:

- Sviluppare un framework in grado di migliorare il rapporto costo-efficienza e la flessibilità dei piani missione.
- Sfruttare gli strumenti forniti dalle **Intelligenze artificiali** adattandoli alle tecniche di pianificazione legate alla sfera delle missioni spaziali.

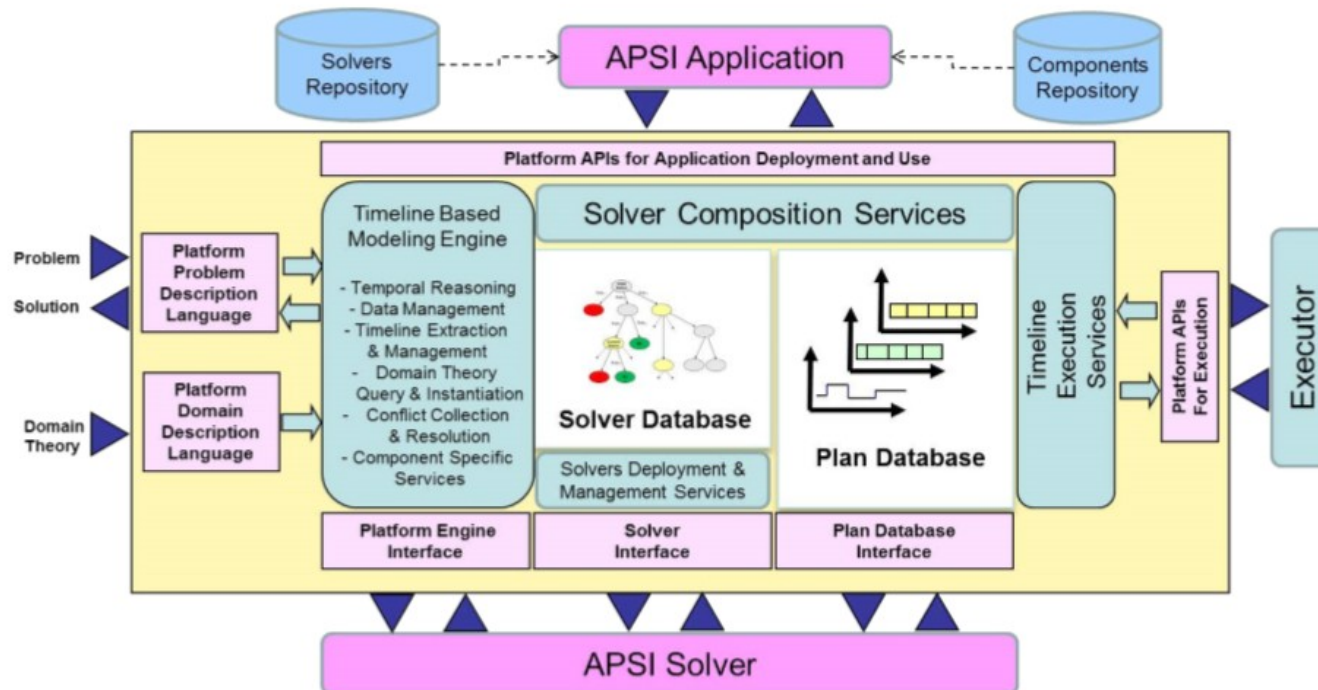


Figura 3: Schema generale di APSI.

Component e timeline

- Le component rappresentano le azioni elementari che gli elementi del dominio possono compiere o gli stati che possono assumere.
- Le timeline sono insiemi di component che descrivono l'evoluzione temporale di un elemento del sistema.
- Super stati assunti dalla combinazione di component differenti e sincronizzazioni prendono il nome di Plan Network.

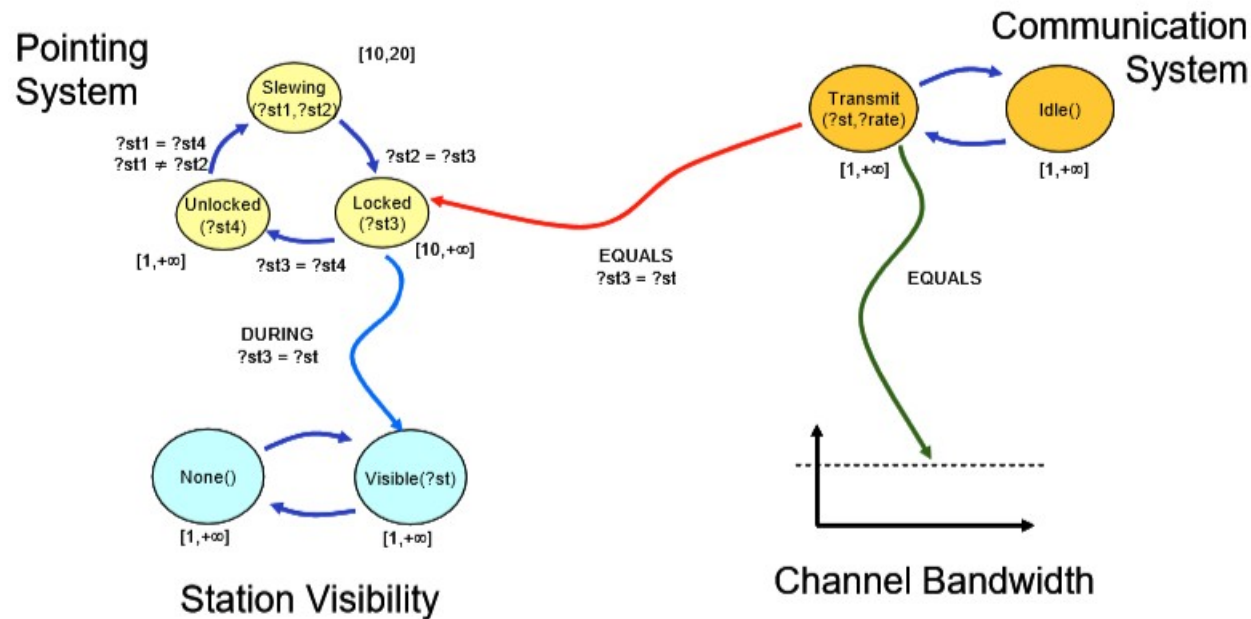
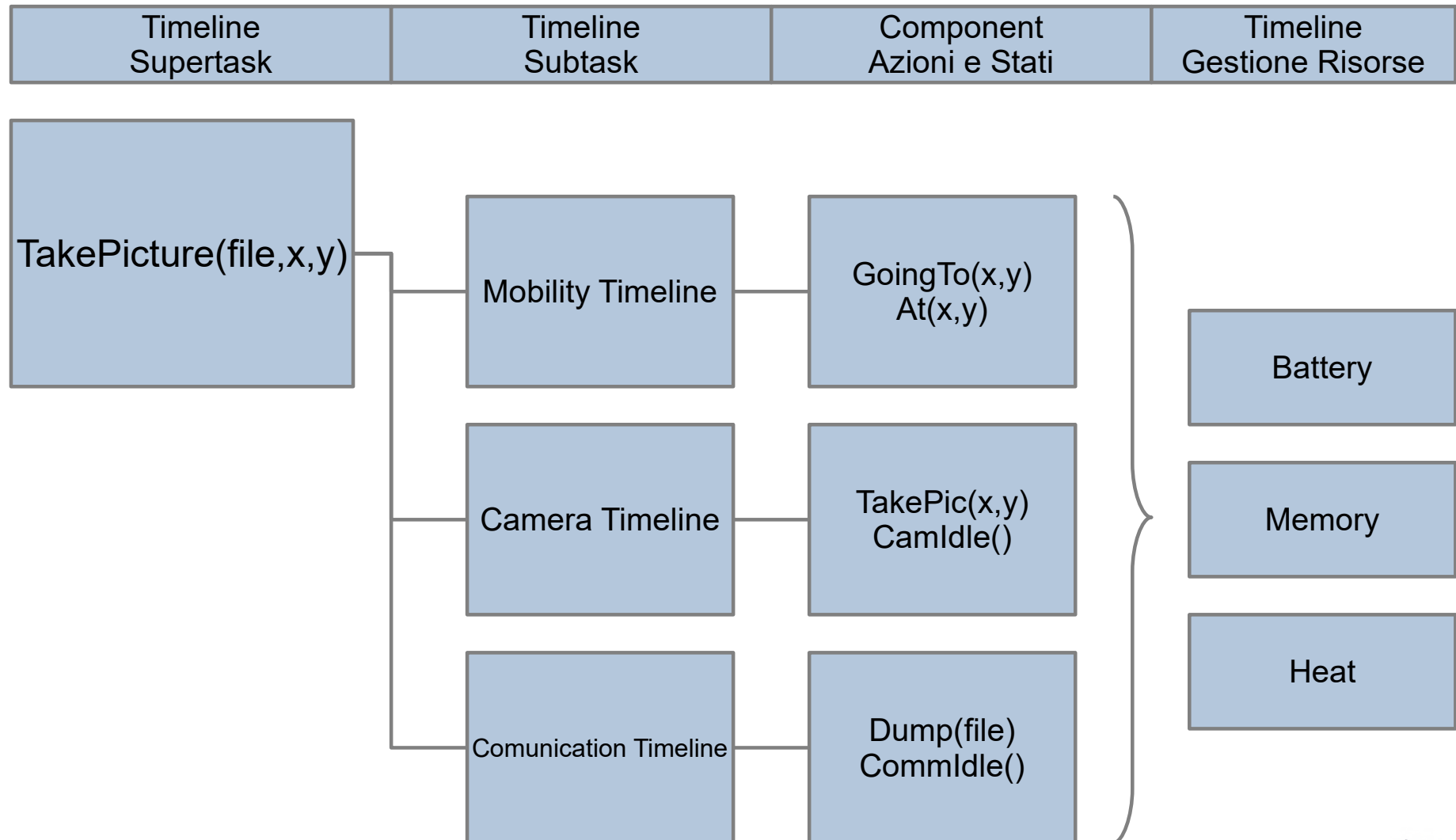


Figura 5: Schema generale di una sincronizzazione.

Modellizzazione del dominio



Vincoli del Problema

Nel problema procediamo a modellizzare I vincoli, nello specifico si tratta di definire:

- **Numero degli esperimenti da eseguire e conseguenti coordinate spaziali;**
- **Definizione delle finestre fisse di comunicazione orbitale;**
- Setting iniziale delle timeline;
- Setting iniziale delle risorse;
- Setting della qualità dei segnali;
- Setting dello stato finale delle timeline;
- Successione cronologica degli esperimenti da eseguire;

Search Space e Solver

Dominio e Problema forniscono le informazioni necessarie a rappresentare e creare lo spazio delle soluzioni questo è rappresentato da un albero con nodi e segmenti. I nodi rappresentano un plan network mentre i segmenti le decisioni prese su di esso. APSI fornisce strumenti utili ad esplorare questi spazi (Solver) per estrarre soluzioni ovvero combinazioni di timeline che permettano di soddisfare I vincoli descritti nel PDL.

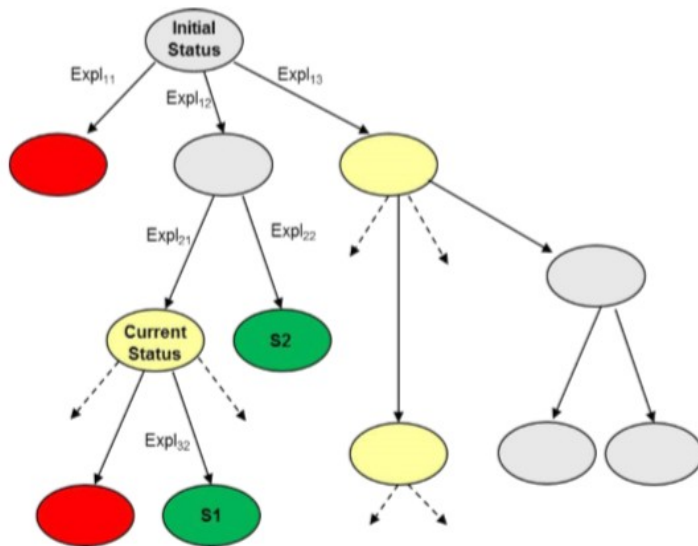


Figura 6: Spazio delle soluzioni.

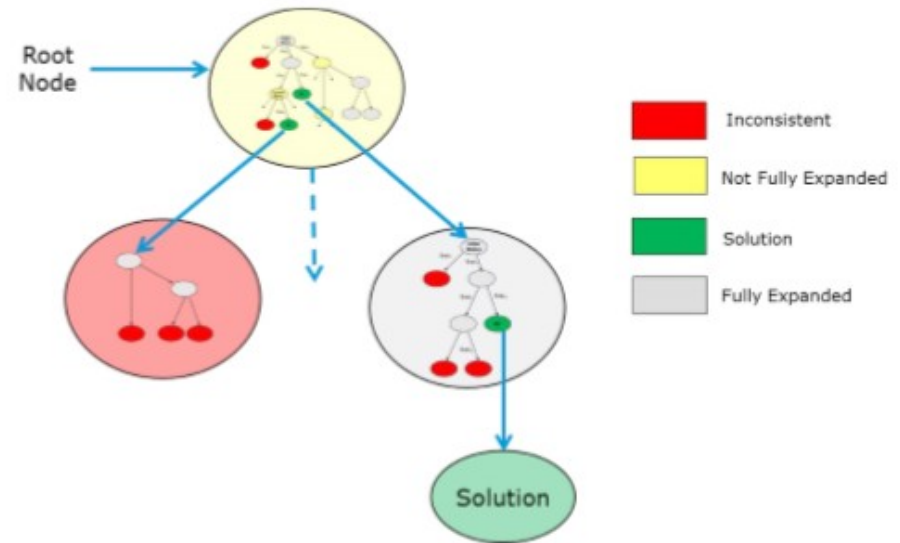


Figura 7: Spazio delle soluzioni con application.

Approccio Open Goal

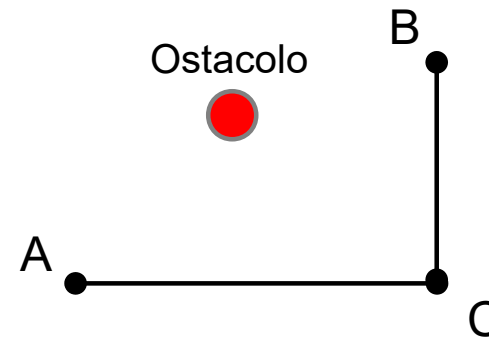
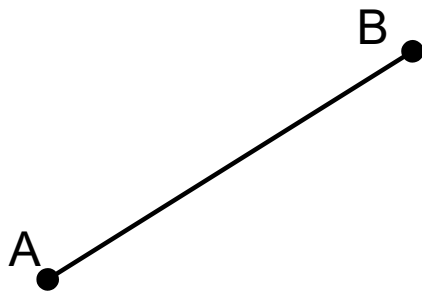
Al fine di rifarsi ad un caso applicabile nella realtà ho deciso di seguire un approccio libero o ad Open Goal: le Super Task (esperimenti) eseguiti dal rover non hanno coordinate temporali definite bensì devono essere ricavate da un solver e possono differire al variare delle soluzioni.

Difficoltà derivanti dall'approccio:

- Complessità combinatoria del Search Space;
- Frequente Resource Flaw (**soluzioni inesistenti**);

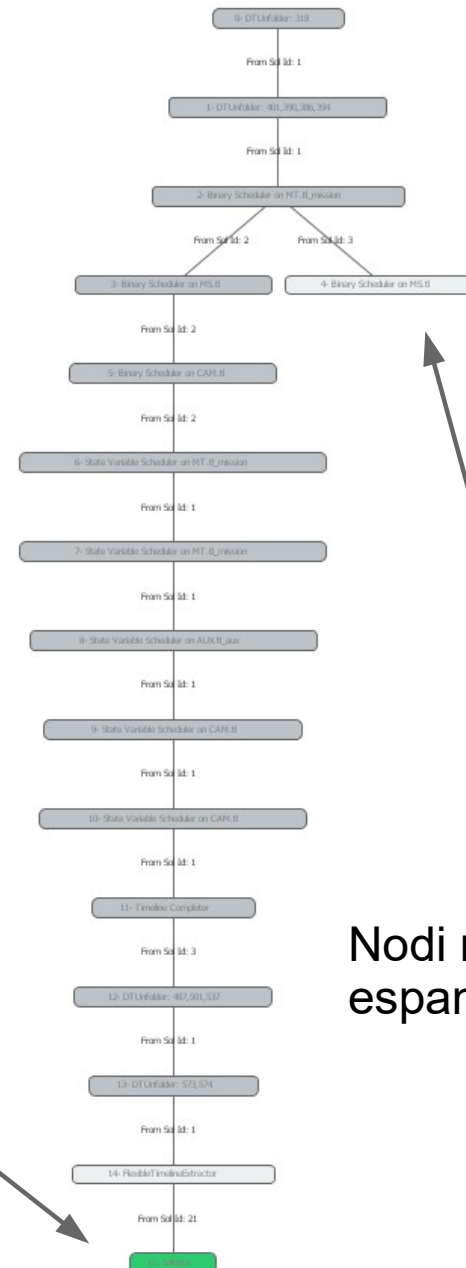
Approccio Open Goal – Gestione dei tempi di percorrenza

Per rappresentare le possibili problematiche legate alla natura del dominio le coordinate temporali associate ad ogni component sono duplici e permettono di rispecchiare i casi di ottimo (tempi minimi) e i casi imprevisti (tempi massimi).



Nell'esempio proposto il tempo minimo è quello utile a percorrere la distanza AB mentre il massimo quello necessario ad aggirarlo.

Esempio di Search Space



Nodi completamente espansi con soluzioni

Nodi non completamente espansi



Planning

Experiments_added: 5
Plan:
Id: 54377 [R,P] Time-Flexible Domain Timeline "Rover_Domain.mission_timeline1"
Rover_Domain.mission_timeline1

P	Time	Mission_Timeline	Heat_Timeline	Mobility_Timeline	Camera_Timeline	Communication_Timeline	Visibility_tl	Battery	Memory
0	[2013-01-01T00:00:00.000Z, 2013-01-01T00:00:00.000Z]	Idle()	Idle()	At(0,0)	CamIdle()	CommIdle()	None()	[150000.0,0.0]	[0.0,0.0]
1	[2013-01-01T00:00:00.001Z, 2013-01-01T03:49:00.000Z]			GoingTo(0,0,3,14)				[150000.0,150000.0,-1.0]	
2	[2013-01-01T00:10:30.001Z, 2013-01-01T03:59:30.000Z]			At(3,14)				[870000.0,870000.0,0.0]	
3	[2013-01-01T00:10:30.001Z, 2013-01-01T03:59:30.000Z]	TakePicture(3,14,low_res)							
4	[2013-01-01T00:10:30.001Z, 2013-01-01T03:59:30.000Z]				TakePic(low_res)				[0.0,0.0,1.0]
5	[2013-01-01T00:11:00.001Z, 2013-01-01T04:00:00.000Z]				CamIdle()				[30000.0,30000.0,0.0]
6	[2013-01-01T00:11:00.001Z, 2013-01-01T04:00:00.000Z]	Idle()							
7	[2013-01-01T04:00:00.000Z, 2013-01-01T04:00:00.000Z]						Visible(lbr)		
8	[2013-01-01T04:00:00.000Z, 2013-01-01T10:00:00.000Z]						None()		
9	[2013-01-01T04:00:00.000Z, 2013-01-01T14:00:00.000Z]						Visible(hbr)		
10	[2013-01-01T14:00:00.000Z, 2013-01-01T19:44:20.399Z]					Dump(0,350,low_res,hbr)		[870000.0,870000.0,-1.0]	
11	[2013-01-01T14:00:30.000Z, 2013-01-01T19:44:50.399Z]					CommIdle()		[840000.0,840000.0,0.0]	
12	[2013-01-01T14:00:30.000Z, 2013-01-01T19:44:50.399Z]			GoingTo(3,14,3,11)				[840000.0,840000.0,-1.0]	
13	[2013-01-01T14:00:37.200Z, 2013-01-01T19:44:57.599Z]			At(3,11)				[832800.0,832800.0,0.0]	
14	[2013-01-01T14:00:37.200Z, 2013-01-01T19:44:57.599Z]	TakePicture(3,11,low_res)							
15	[2013-01-01T14:00:37.200Z, 2013-01-01T19:44:57.599Z]				TakePic(low_res)				[30000.0,30000.0,1.0]
16	[2013-01-01T14:01:07.200Z, 2013-01-01T19:45:27.599Z]				CamIdle()				[60000.0,60000.0,0.0]
17	[2013-01-01T14:01:07.200Z, 2013-01-01T19:45:27.599Z]	Idle()							
18	[2013-01-01T14:01:07.200Z, 2013-01-01T19:45:27.599Z]					Dump(0,354,low_res,hbr)		[832800.0,832800.0,-1.0]	
19	[2013-01-01T14:01:37.200Z, 2013-01-01T19:45:57.599Z]					CommIdle()		[802800.0,802800.0,0.0]	
20	[2013-01-01T14:01:37.200Z, 2013-01-01T19:45:57.599Z]			GoingTo(3,11,10,14)				[802800.0,802800.0,-1.0]	
21	[2013-01-01T14:01:39.000Z, 2013-01-01T19:45:59.399Z]			At(10,14)				[801000.0,801000.0,0.0]	
22	[2013-01-01T14:01:39.000Z, 2013-01-01T19:45:59.399Z]	TakePicture(10,14,low_res)							
23	[2013-01-01T14:01:39.000Z, 2013-01-01T19:45:59.399Z]				TakePic(low_res)				[60000.0,60000.0,1.0]
24	[2013-01-01T14:02:09.000Z, 2013-01-01T19:46:29.399Z]	Idle()			CamIdle()				[90000.0,90000.0,0.0]
25	[2013-01-01T14:02:09.000Z, 2013-01-01T19:46:29.399Z]								
26	[2013-01-01T14:02:09.000Z, 2013-01-01T19:46:29.399Z]					Dump(0,355,low_res,hbr)		[801000.0,801000.0,-1.0]	
27	[2013-01-01T14:02:39.000Z, 2013-01-01T19:46:59.399Z]					CommIdle()		[771000.0,771000.0,0.0]	
28	[2013-01-01T14:02:39.000Z, 2013-01-01T19:46:59.399Z]							[771000.0,771000.0,-1.0]	
29	[2013-01-01T14:02:48.000Z, 2013-01-01T19:47:08.399Z]			GoingTo(10,14,10,11)				[762000.0,762000.0,0.0]	
30	[2013-01-01T14:02:48.000Z, 2013-01-01T19:47:08.399Z]			At(10,11)					
31	[2013-01-01T14:02:48.000Z, 2013-01-01T19:47:08.399Z]	TakePicture(10,11,low_res)							
32	[2013-01-01T14:02:48.000Z, 2013-01-01T19:47:08.399Z]				TakePic(low_res)				[90000.0,90000.0,1.0]
33	[2013-01-01T14:03:18.000Z, 2013-01-01T19:47:38.399Z]	Idle()			CamIdle()				[120000.0,120000.0,0.0]
34	[2013-01-01T14:03:18.000Z, 2013-01-01T19:47:38.399Z]								
35	[2013-01-01T14:03:18.000Z, 2013-01-01T19:47:38.399Z]					Dump(0,360,low_res,hbr)		[762000.0,762000.0,-1.0]	
36	[2013-01-01T14:03:48.000Z, 2013-01-01T19:48:08.399Z]					CommIdle()		[732000.0,732000.0,0.0]	
37	[2013-01-01T14:03:48.000Z, 2013-01-01T19:48:08.399Z]							[732000.0,732000.0,-1.0]	
38	[2013-01-01T14:03:49.000Z, 2013-01-01T19:48:10.199Z]			GoingTo(10,11,12,14)				[730200.0,730200.0,0.0]	
39	[2013-01-01T14:03:49.000Z, 2013-01-01T19:48:10.199Z]	TakePicture(12,14,low_res)		At(12,14)					
40	[2013-01-01T14:03:49.000Z, 2013-01-01T19:48:10.199Z]				TakePic(low_res)				[120000.0,120000.0,1.0]
41	[2013-01-01T14:04:19.000Z, 2013-01-01T19:48:40.199Z]	Idle()			CamIdle()				[150000.0,150000.0,0.0]
42	[2013-01-01T14:04:19.000Z, 2013-01-01T19:48:40.199Z]								
43	[2013-01-01T14:04:19.000Z, 2013-01-01T19:48:40.199Z]		No Op()						
44	[2013-01-01T14:04:19.001Z, 2013-01-01T19:48:40.200Z]		Idle()						
45	[2013-01-01T14:04:19.001Z, 2013-01-01T19:48:40.200Z]					Dump(0,361,low_res,hbr)		[730200.0,730200.0,-1.0]	
46	[2013-01-01T14:04:49.001Z, 2013-01-01T19:49:10.200Z]					CommIdle()		[700200.0,700200.0,0.0]	
47	[2013-01-01T14:04:49.001Z, 2013-01-01T19:49:10.200Z]							[700200.0,700200.0,-1.0]	
48	[2013-01-01T14:15:39.001Z, 2013-01-01T20:00:00.000Z]			GoingTo(12,14,12,11)				[50400.0,50400.0,0.0]	
49	[2013-01-01T14:15:39.001Z, 2013-01-01T20:00:00.000Z]			At(12,11)					
50	[2013-01-01T20:00:00.000Z, 2013-01-01T20:00:00.000Z]						None()		
51	[2021-12-31T00:00:00.000Z, 2021-12-31T00:00:00.000Z]	<UNDECIDED>	<UNDECIDED>	<UNDECIDED>	<UNDECIDED>	<UNDECIDED>	<UNDECIDED>	[50400.0,50400.0,0.0]	[150000.0,150000.0,0.0]

Minimum_total_traveling_time=00:00:01:47:31.200
Maximum_total_traveling_time=00:00:01:47:31.200
Final_minimum_battery_level=50400.0
Final_maximum_battery_level=50400.0



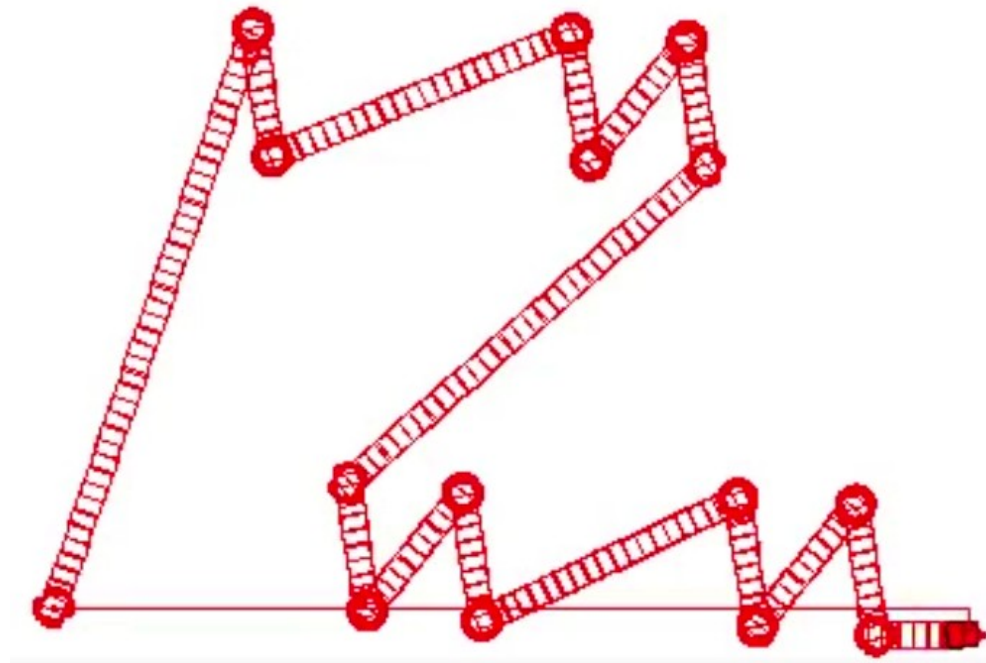
Planning - Dettaglio

P	Time	Mission_Timeline
0	[2013-01-01T00:00:00.000Z, 2013-01-01T00:00:00.000Z]	Idle()
1	[2013-01-01T00:00:00.001Z, 2013-01-01T03:49:00.000Z]	Idle()
2	[2013-01-01T00:10:30.001Z, 2013-01-01T03:59:30.000Z]	TakePicture(3,14,low_res)
3	[2013-01-01T00:10:30.001Z, 2013-01-01T03:59:30.000Z]	TakePicture(3,14,low_res)
4	[2013-01-01T00:10:30.001Z, 2013-01-01T03:59:30.000Z]	TakePicture(3,14,low_res)
5	[2013-01-01T00:11:00.001Z, 2013-01-01T04:00:00.000Z]	TakePicture(3,14,low_res)
6	[2013-01-01T00:11:00.001Z, 2013-01-01T04:00:00.000Z]	Idle()

	Heat_Timeline	Mobility_Timeline	Camera_Timeline	Communication_Timeline	Visibility_tl	Battery	Memory
0	Idle()	At(0,0)	CamIdle()	CommIdle()	None()	[150000.0,0.0]	[0.0,0.0]
1		GoingTo(0,0,3,14)				[150000.0,150000.0,-1.0]	
2		At(3,14)				[870000.0,870000.0,0.0]	
3			TakePic(low_res)				[0.0,0.0,1.0]
4			CamIdle()				[30000.0,30000.0,0.0]

Simulazione

Percorso seguito dal rover dopo la pianificazione



Ottimizzazione

Ottenuta una prima pianificazione si può procedere ora all'ottimizzazione: forniti un insieme di esperimenti il nostro Rover dovrà scegliere il miglior percorso al fine di soddisfare le seguenti condizioni:

- Mantenere la batteria sopra una certa soglia di sicurezza.
- Controllare la temperatura.
- Dare la precedenza a esperimenti indicati come di maggiore rilevanza

Squeaky Wheel Optimization

L'SWO è una tipologia di algoritmo che prevede l'analisi ripetuta di un problema al fine di modificare le priorità dei vincoli di cui esso è costituito.

Può essere visto come un'operazione di ricerca in due spazi: quello delle soluzioni e quello delle priorità

L'algoritmo opera in tre diverse fasi:

- **Constructor**: genera una sequenza di elementi. Rappresenta la strategia risolutiva.
- **Analyzer**: rivela eventuali inconsistenze della strategia attraverso I Blame.
- **Prioritizer**: analizzando I Blame riorganizza, esclude o implementa la strategia modificando le priorità degli elementi.

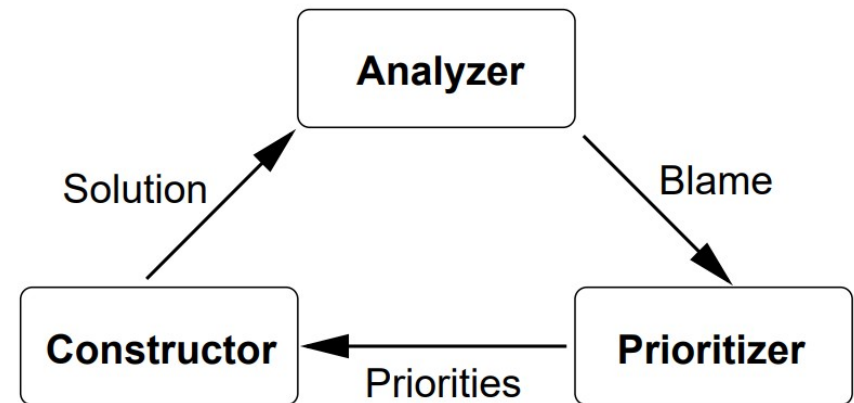


Figura 8: Schema di funzionamento di un SWO.

Caso di studio - Euristica

La natura combinatoria del dominio però mal si adatta con un'ottimizzazione iterativa, è necessario rendere l'elaborazione più rapida implementando un'algoritmo di ricerca euristica.

Si opta per un "Flaw System Algorithm" che permette di identificare in tempi brevi le soluzioni che non rispettano i vincoli di risorsa (batteria).

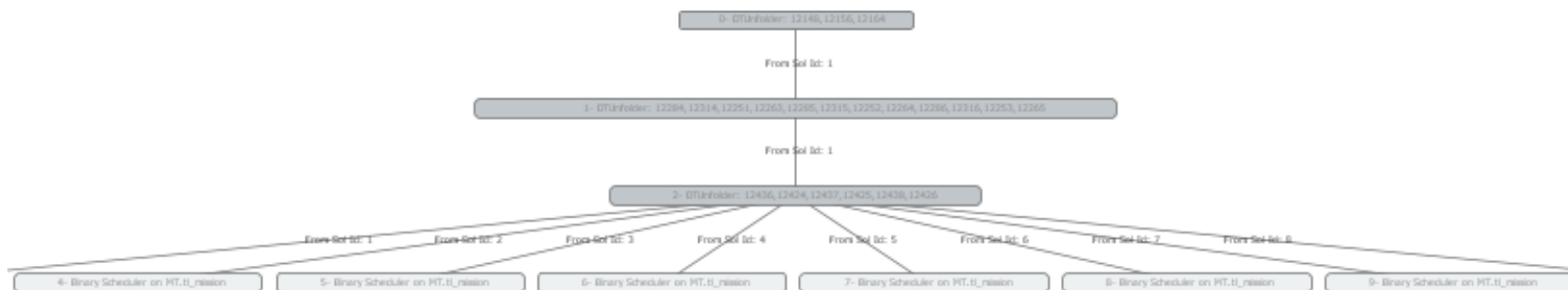


Figura 9: Esempio di complessità del search space nel caso di 3 esperimenti aggiunti al PDL.

Caso di studio - Euristica

Per ridurre ulteriormente la complessità si è deciso di implementare anche un “Nearest Neighbor Algorithm” che pone dei vincoli di ordinamento spaziale agli esperimenti aggiunti al PDL.

In questo modo si ottiene un consumo più intelligente della batteria e si prediligono spostamenti che portano a zone densamente popolate di esperimenti.

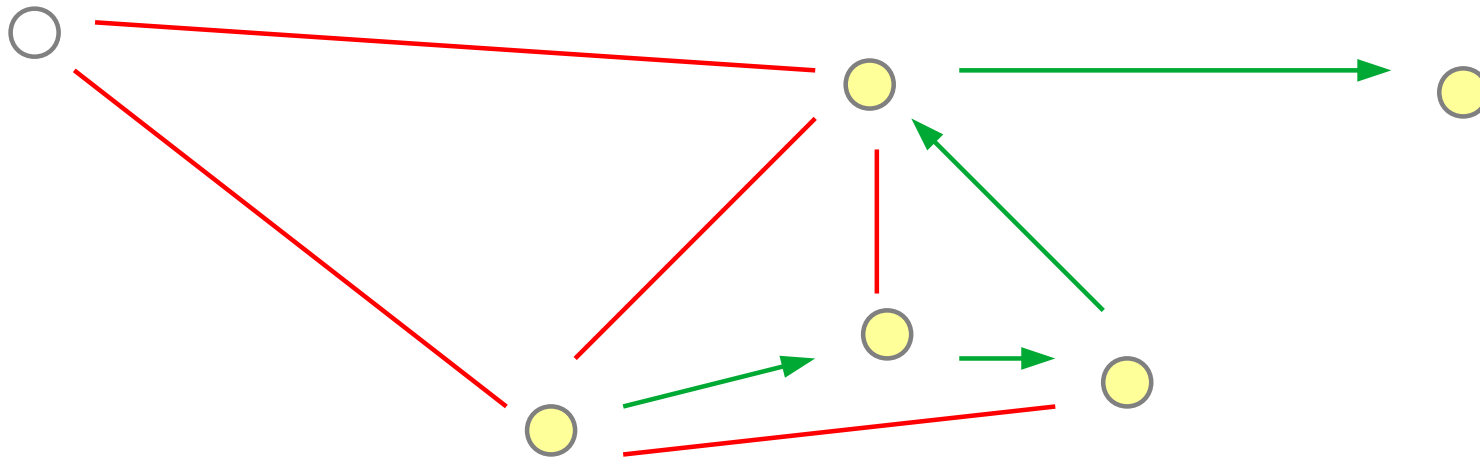


Figura 10: Schema di funzionamento di un Nearest Neighbour.

Caso di studio – Parametri di ottimizzazione

Al fine di testare l'ottimizzazione abbiamo creato un pool di cento esperimenti in cui alcuni di questi risultavano più ravvicinati di altri.

Ci si aspetta che all'aumentare delle iterazioni dell' SWO si ottengano soluzioni con:

- Numero maggiore di esperimenti;
- Distanza relativa tra gli esperimenti minore;
- Quantità maggiore di batteria residua;

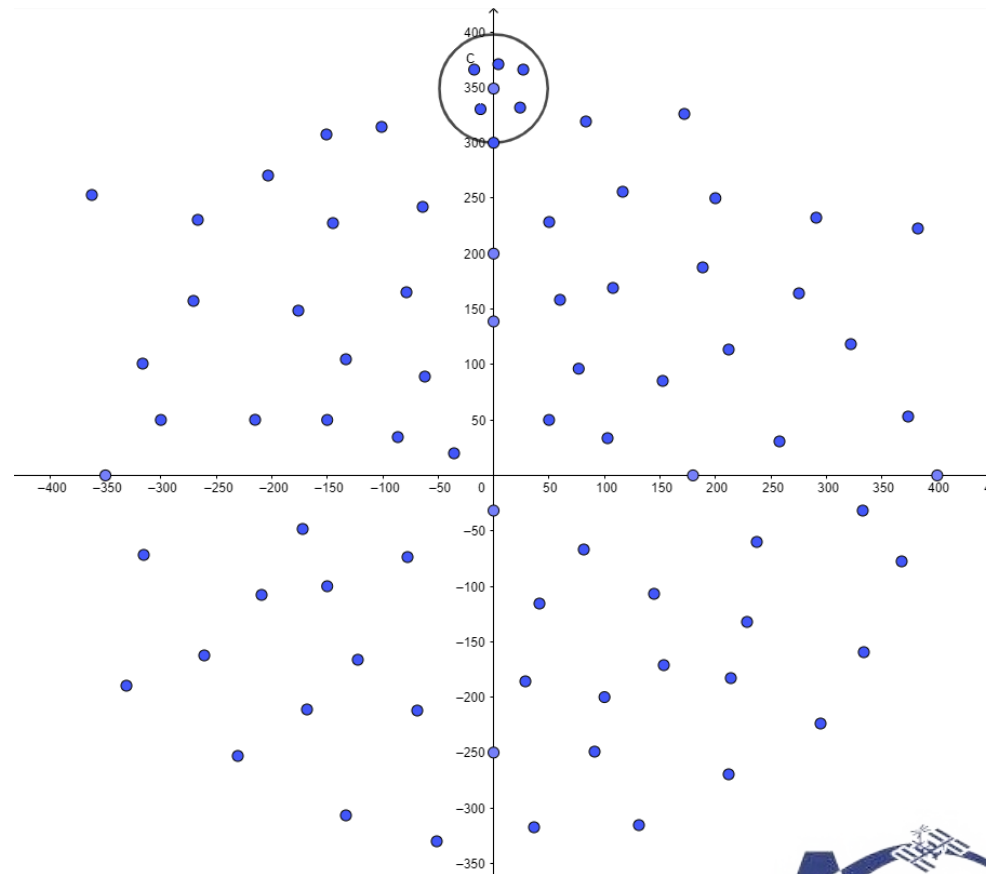


Figura 11: Distribuzione spaziale degli esperimenti



Risultati

Experiments_added: 3
 Experiments_not_added: 97
 Plan:
 Id: 1973 [R,P] Time-Flexible Domain Timeline "Rover_Domain.mission_timeline1"
 Rover_Domain.mission_timeline1
 P Time

	tl_mission	tl_aux	tl	tl	tl	tl	tl	tl_cam		
0	[2013-01-01T00:00:00.000Z,2013-01-01T00:00:00.000Z]	[00.000.00.00.00.001,00.000.03.49.00.000]	Idle()	Idle()	At(0,0)	CamIdle()	CommIdle()	None()	[1500000.0,0.0]	[0.0,0.0]
1	[2013-01-01T00:00:00.001Z,2013-01-01T03:49:00.000Z]	[00.000.00.10.30.000,00.000.00.10.30.000]			GoingTo(0,0,25,300)				[1500000.0,1500000.0,-1.0]	
2	[2013-01-01T00:10:30.001Z,2013-01-01T03:59:30.000Z]	[00.000.00.00.00.000,00.000.03.48.59.999]			At(25,300)				[870000.0,870000.0,0.0]	
3	[2013-01-01T00:10:30.001Z,2013-01-01T03:59:30.000Z]	[00.000.00.00.00.000,00.000.03.48.59.999]	TakePicture(0,350,low_res)							
4	[2013-01-01T00:10:30.001Z,2013-01-01T03:59:30.000Z]	[00.000.00.00.00.000,00.000.00.00.00.000]				TakePic(low_res)				[0.0,0.0,1.0]
5	[2013-01-01T00:11:00.001Z,2013-01-01T04:00:00.000Z]	[00.000.00.00.00.000,00.000.03.48.59.999]	Idle()			CamIdle()				[30000.0,30000.0,0.0]
6	[2013-01-01T00:11:00.001Z,2013-01-01T04:00:00.000Z]	[00.000.00.00.00.000,00.000.03.48.59.999]						Visible(lbr)		
7	[2013-01-01T04:00:00.000Z,2013-01-01T04:00:00.000Z]	[00.000.06.00.00.000,00.000.06.00.00.000]						None()		
8	[2013-01-01T10:00:00.000Z,2013-01-01T10:00:00.000Z]	[00.000.04.00.00.000,00.000.04.00.00.000]						Visible(hbr)		
9	[2013-01-01T14:00:00.000Z,2013-01-01T14:00:00.000Z]	[00.000.00.00.00.000,00.000.05.45.10.199]						Visible(hbr)		
10	[2013-01-01T14:00:00.000Z,2013-01-01T19:45:10.199Z]	[00.000.00.00.00.000,00.000.00.00.00.000]					Dump(0,350,low_res,hbr)			
11	[2013-01-01T14:00:00.000Z,2013-01-01T19:45:40.199Z]	[00.000.00.00.00.000,00.000.05.45.10.199]					CommIdle()		[870000.0,870000.0,-1.0]	
12	[2013-01-01T14:00:30.000Z,2013-01-01T19:45:40.199Z]	[00.000.00.00.00.000,00.000.00.00.00.000]			GoingTo(25,300,25,350)				[840000.0,840000.0,0.0]	
13	[2013-01-01T14:01:06.000Z,2013-01-01T19:46:16.199Z]	[00.000.00.00.00.000,00.000.05.45.10.199]			At(25,350)				[840000.0,840000.0,-1.0]	
14	[2013-01-01T14:01:06.000Z,2013-01-01T19:46:16.199Z]	[00.000.00.00.00.000,00.000.05.45.10.199]	TakePicture(20,350,low_res)							
15	[2013-01-01T14:01:06.000Z,2013-01-01T19:46:16.199Z]	[00.000.00.00.00.000,00.000.00.00.00.000]				TakePic(low_res)				[30000.0,30000.0,1.0]
16	[2013-01-01T14:01:36.000Z,2013-01-01T19:46:46.199Z]	[00.000.00.00.00.000,00.000.05.45.10.199]	Idle()			CamIdle()				[60000.0,60000.0,0.0]
17	[2013-01-01T14:01:36.000Z,2013-01-01T19:46:46.199Z]	[00.000.00.00.00.000,00.000.05.45.10.199]						Dump(20,350,low_res,hbr)		
18	[2013-01-01T14:01:36.000Z,2013-01-01T19:46:46.199Z]	[00.000.00.00.00.000,00.000.00.00.00.000]						CommIdle()	[804000.0,804000.0,-1.0]	
19	[2013-01-01T14:02:06.000Z,2013-01-01T19:47:16.199Z]	[00.000.00.00.00.000,00.000.05.45.10.199]							[774000.0,774000.0,0.0]	
20	[2013-01-01T14:02:06.000Z,2013-01-01T19:47:16.199Z]	[00.000.00.01.12.000,00.000.00.01.12.000]			GoingTo(25,350,-20,350)				[774000.0,774000.0,-1.0]	
21	[2013-01-01T14:03:18.000Z,2013-01-01T19:48:28.199Z]	[00.000.00.00.00.000,00.000.05.45.10.199]			At(-20,350)				[702000.0,702000.0,0.0]	
22	[2013-01-01T14:03:18.000Z,2013-01-01T19:48:28.199Z]	[00.000.00.00.00.000,00.000.05.45.10.199]	TakePicture(-20,350,low_res)							
23	[2013-01-01T14:03:18.000Z,2013-01-01T19:48:28.199Z]	[00.000.00.00.00.000,00.000.00.00.00.000]				TakePic(low_res)				[60000.0,60000.0,1.0]
24	[2013-01-01T14:03:48.000Z,2013-01-01T19:48:58.199Z]	[00.000.00.00.00.000,00.000.05.45.10.199]	Idle()			CamIdle()				[90000.0,90000.0,0.0]
25	[2013-01-01T14:03:48.000Z,2013-01-01T19:48:58.199Z]	[00.000.00.00.00.000,00.000.05.45.10.199]						Dump(-20,350,low_res,hbr)		
26	[2013-01-01T14:03:48.000Z,2013-01-01T19:48:58.199Z]	[00.000.00.00.001,00.000.05.45.10.200]		No Op()				CommIdle()	[702000.0,702000.0,-1.0]	
27	[2013-01-01T14:03:48.001Z,2013-01-01T19:48:58.200Z]	[00.000.00.00.000,00.000.05.45.10.199]		Idle()					[672000.0,672000.0,0.0]	
28	[2013-01-01T14:03:48.001Z,2013-01-01T19:48:58.200Z]	[00.000.00.00.00.000,00.000.00.00.00.000]							[672000.0,672000.0,-1.0]	
29	[2013-01-01T14:04:18.001Z,2013-01-01T19:49:28.200Z]	[00.000.00.00.00.000,00.000.05.45.10.199]							[6000.0,40200.0,0.0]	
30	[2013-01-01T14:04:18.001Z,2013-01-01T19:49:28.200Z]	[00.000.00.10.31.800,00.000.00.11.06.000]			GoingTo(-20,350,0,0)					
31	[2013-01-01T14:14:49.001Z,2013-01-01T20:00:00.000Z]	[00.000.00.00.00.000,00.000.05.45.10.199]			At(0,0)					
32	[2013-01-01T20:00:00.000Z,2013-01-01T20:00:00.000Z]	[00.000.03.59.59.000,00.000.03.59.59.000]						None()		
33	[2013-01-01T23:59:59.000Z,2013-01-01T23:59:59.000Z]	[09.000.00.00.01.000,09.000.00.00.01.000]	<UNDECIDED>	<UNDECIDED>	<UNDECIDED>	<UNDECIDED>	<UNDECIDED>	<UNDECIDED>	<UNDECIDED>	<UNDECIDED>
34	[2021-12-31T00:00:00.000Z,2021-12-31T00:00:00.000Z]	n/a	<UNDECIDED>	<UNDECIDED>	<UNDECIDED>	<UNDECIDED>	<UNDECIDED>	<UNDECIDED>	<UNDECIDED>	[6000.0,40200.0,0.0]

Mminimum_total_traveling_time=00:00:01:05:27.600
 Maximum_total_traveling_time=00:00:01:06:36.000
 Final_minimum_battery_level=6000.0
 Final_maximum_battery_level=40200.0

Figura 12: Planning dopo 3 iterazioni.



Risultati

Experiments_added: 5
Experiments_not_added: 95
Plan:
Id: 54377 [R,P] Time-Flexible Domain Timeline "Rover_Domain.mission_timeline1"
Rover_Domain.mission_timeline1
P Time

	t1_mission	t1_aux	t1	t1	t1	t1	t1		
0	[2013-01-01T00:00:00.000Z,2013-01-01T00:00:00.000Z]	idle()	idle()	At(0,0)	CamIdle()	CommIdle()	None()	[1500000.0,0.0]	[0.0,0.0]
1	[2013-01-01T00:00:00.001Z,2013-01-01T03:49:00.000Z]			GoingTo(0,0,0,350)				[1500000.0,1500000.0,-1.0]	
2	[2013-01-01T00:10:30.001Z,2013-01-01T03:59:30.000Z]			At(0,350)				[870000.0,870000.0,0.0]	
3	[2013-01-01T00:10:30.001Z,2013-01-01T03:59:30.000Z]	TakePicture(0,350,low_res)							
4	[2013-01-01T00:10:30.001Z,2013-01-01T03:59:30.000Z]				TakePic(low_res)				[0.0,0.0,1.0]
5	[2013-01-01T00:11:00.001Z,2013-01-01T04:00:00.000Z]				CamIdle()				[30000.0,30000.0,0.0]
6	[2013-01-01T00:11:00.001Z,2013-01-01T04:00:00.000Z]	Idle()							
7	[2013-01-01T04:00:00.000Z,2013-01-01T04:00:00.000Z]						Visible(lbr)		
8	[2013-01-01T10:00:00.000Z,2013-01-01T10:00:00.000Z]						None()		
9	[2013-01-01T14:00:00.000Z,2013-01-01T14:00:00.000Z]						Visible(hbr)		
10	[2013-01-01T14:00:00.000Z,2013-01-01T19:44:20.399Z]					Dump(0,350,low_res,hbr)		[870000.0,870000.0,-1.0]	
11	[2013-01-01T14:00:30.000Z,2013-01-01T19:44:50.399Z]					CommIdle()		[840000.0,840000.0,0.0]	
12	[2013-01-01T14:00:30.000Z,2013-01-01T19:44:50.399Z]			GoingTo(0,350,0,354)				[840000.0,840000.0,-1.0]	
13	[2013-01-01T14:00:37.200Z,2013-01-01T19:44:57.599Z]			At(0,354)				[832800.0,832800.0,0.0]	
14	[2013-01-01T14:00:37.200Z,2013-01-01T19:44:57.599Z]	TakePicture(0,354,low_res)							[30000.0,30000.0,1.0]
15	[2013-01-01T14:01:07.200Z,2013-01-01T19:44:57.599Z]				TakePic(low_res)				[60000.0,60000.0,0.0]
16	[2013-01-01T14:01:07.200Z,2013-01-01T19:44:57.599Z]				CamIdle()				
17	[2013-01-01T14:01:07.200Z,2013-01-01T19:44:57.599Z]	Idle()							
18	[2013-01-01T14:01:07.200Z,2013-01-01T19:44:57.599Z]					Dump(0,354,low_res,hbr)		[832800.0,832800.0,-1.0]	
19	[2013-01-01T14:01:37.200Z,2013-01-01T19:44:57.599Z]					CommIdle()		[802800.0,802800.0,0.0]	
20	[2013-01-01T14:01:37.200Z,2013-01-01T19:44:57.599Z]			GoingTo(0,354,0,355)				[802800.0,802800.0,-1.0]	
21	[2013-01-01T14:01:39.000Z,2013-01-01T19:44:59.399Z]			At(0,355)				[801000.0,801000.0,0.0]	
22	[2013-01-01T14:01:39.000Z,2013-01-01T19:44:59.399Z]	TakePicture(0,355,low_res)							
23	[2013-01-01T14:01:39.000Z,2013-01-01T19:44:59.399Z]				TakePic(low_res)				[60000.0,60000.0,1.0]
24	[2013-01-01T14:02:09.000Z,2013-01-01T19:46:29.399Z]				CamIdle()				[90000.0,90000.0,0.0]
25	[2013-01-01T14:02:09.000Z,2013-01-01T19:46:29.399Z]	Idle()							
26	[2013-01-01T14:02:09.000Z,2013-01-01T19:46:29.399Z]					Dump(0,355,low_res,hbr)		[801000.0,801000.0,-1.0]	
27	[2013-01-01T14:02:39.000Z,2013-01-01T19:46:59.399Z]					CommIdle()		[771000.0,771000.0,0.0]	
28	[2013-01-01T14:02:39.000Z,2013-01-01T19:46:59.399Z]			GoingTo(0,355,0,360)				[771000.0,771000.0,-1.0]	
29	[2013-01-01T14:02:48.000Z,2013-01-01T19:47:08.399Z]			At(0,360)				[762000.0,762000.0,0.0]	
30	[2013-01-01T14:02:48.000Z,2013-01-01T19:47:08.399Z]	TakePicture(0,360,low_res)							
31	[2013-01-01T14:02:48.000Z,2013-01-01T19:47:08.399Z]				TakePic(low_res)				[90000.0,90000.0,1.0]
32	[2013-01-01T14:03:18.000Z,2013-01-01T19:47:38.399Z]				CamIdle()				[120000.0,120000.0,0.0]
33	[2013-01-01T14:03:18.000Z,2013-01-01T19:47:38.399Z]	Idle()							
34	[2013-01-01T14:03:18.000Z,2013-01-01T19:47:38.399Z]					Dump(0,360,low_res,hbr)		[762000.0,762000.0,-1.0]	
35	[2013-01-01T14:03:48.000Z,2013-01-01T19:48:08.399Z]					CommIdle()		[732000.0,732000.0,0.0]	
36	[2013-01-01T14:03:48.000Z,2013-01-01T19:48:08.399Z]			GoingTo(0,360,0,361)				[732000.0,732000.0,-1.0]	
37	[2013-01-01T14:03:49.000Z,2013-01-01T19:48:10.199Z]			At(0,361)				[730200.0,730200.0,0.0]	
38	[2013-01-01T14:03:49.000Z,2013-01-01T19:48:10.199Z]	TakePicture(0,361,low_res)							
39	[2013-01-01T14:03:49.000Z,2013-01-01T19:48:10.199Z]				TakePic(low_res)				[120000.0,120000.0,1.0]
40	[2013-01-01T14:04:19.000Z,2013-01-01T19:48:40.199Z]				CamIdle()				[150000.0,150000.0,0.0]
41	[2013-01-01T14:04:19.000Z,2013-01-01T19:48:40.199Z]	Idle()							
42	[2013-01-01T14:04:19.000Z,2013-01-01T19:48:40.199Z]					Dump(0,361,low_res,hbr)		[730200.0,730200.0,-1.0]	
43	[2013-01-01T14:04:19.001Z,2013-01-01T19:48:40.200Z]					CommIdle()		[700200.0,700200.0,0.0]	
44	[2013-01-01T14:04:19.001Z,2013-01-01T19:48:40.200Z]							[700200.0,700200.0,-1.0]	
45	[2013-01-01T14:04:49.001Z,2013-01-01T19:49:10.200Z]							[50400.0,50400.0,0.0]	
46	[2013-01-01T14:04:49.001Z,2013-01-01T19:49:10.200Z]								
47	[2013-01-01T14:15:39.601Z,2013-01-01T120:00:00.000Z]			GoingTo(0,361,0,0)					
48	[2013-01-01T14:15:39.601Z,2013-01-01T120:00:00.000Z]			At(0,0)					
49	[2013-01-01T123:59:59.000Z,2013-01-01T123:59:59.000Z]						None()		
50	[2021-12-31T00:00:00.000Z,2021-12-31T00:00:00.000Z]	<UNDECIDED>	<UNDECIDED>	<UNDECIDED>	<UNDECIDED>	<UNDECIDED>	<UNDECIDED>	[50400.0,50400.0,0.0]	[150000.0,150000.0,0.0]

Mminimum_total_traveling_time=00:00:01:47:31.200
Maximum_total_traveling_time=00:00:01:47:31.200
Final_minimum_battery_level=50400.0
Final_maximum_battery_level=50400.0

Figura 14: Planning dopo 10 iterazioni.

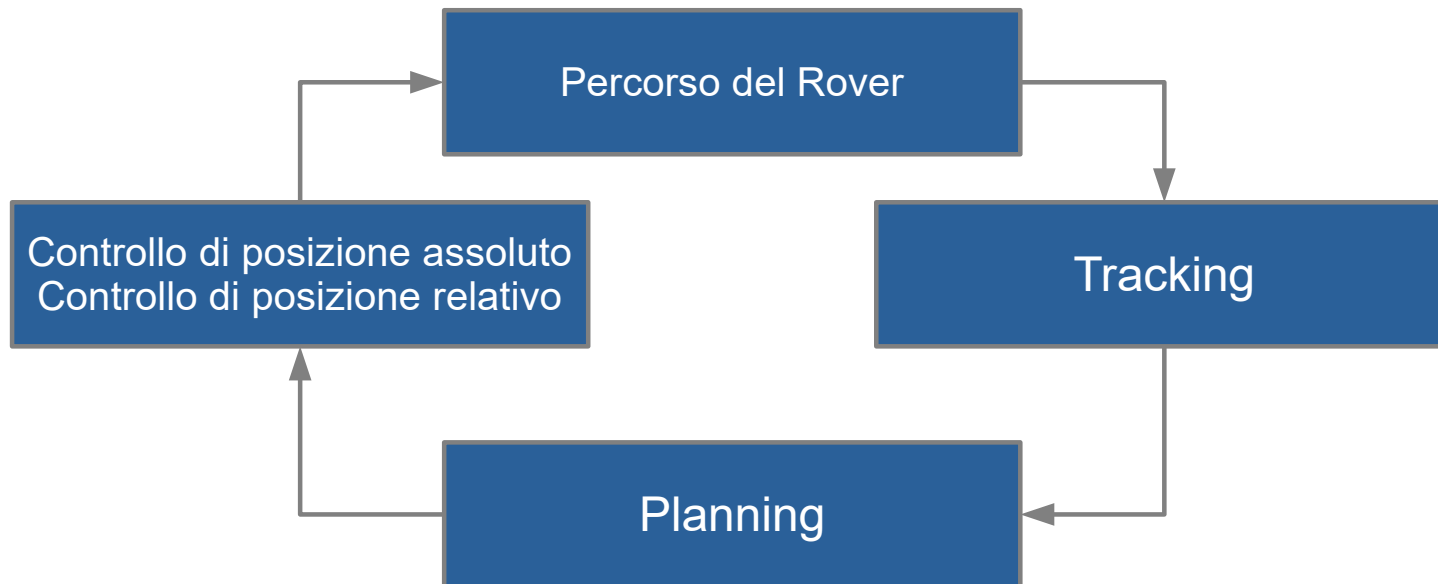
Conclusioni

L'elaborazione restituisce un ottimo grado di ottimizzazione essendo riuscita a trovare un gruppo di esperimenti utile a produrre una pianificazione a cinque elementi su un massimo possibile di sei.

- Sebbene l'SWO permetta una buona approssimazione della soluzione ottimale vi sono comunque margini di miglioramento (possibilità di raffinare l' blame, utilizzo di euristica più complessa, ecc).
- Il modello sin qui sviluppato può essere adattato facilmente ad uno user case reale data la generalità mantenuta nell'implementazione.

Prospettive future

I lavori descritti dai miei colleghi e dal sottoscritto possono essere uniti in un'unica applicazione che permette di simulare una vera e propria missione.





Grazie per l'attenzione



Ringraziamenti

- Ivano Musso
- Simone Fratini
- Gabriele Sartor
- Federico Delrio
- Gianluca Deninno
- Andrea Semeraro



Bibliografia

- Advanced Planning and Scheduling Initiative Final Report - Executive Summary
- AIMS:A Tool for Long-term Planning of the ESA INTEGRAL Mission - CédricPralet and GérardVerfaillie
- MrSPOCK:a Long-term Planning Tool for MARS EXPRESS - Amedeo Cesta and Gabriella Cortellessa and Simone Fratini and Angelo Oddi
- ADVANCED PLANNING AND SCHEDULING INITIATIVE MR SPOCK AIMS FOR XMAS - R.Steel(1), M.Niézzette(1), A.Cesta(2), S.Fratini(2), A.Oddi(2), G.Cortellessa(2), R.Rasconi(2), G.Verfaillie(3), C.Pralet(3), M.Lavagna(4), A.Brambilla(4), F.Castellini(4), A.Donati(5) and N.Policella(5)
- Apsi Timeline Representation Framework v. 3.0 TECHNICAL NOTE