

Relazione per il progetto **CLIPS**

per il corso di Intelligenza Artificiale e Laboratorio

ANDREA LATELLA, ROBERTO PESANDO, DAVIDE FURNO

11 marzo 2015

Indice

1	Introduzione	1
1.1	Strategie	1
1.1.1	Il modulo A*	2
2	Strategie	3
2.1	Strategia FIFO WAIT	3
2.1.1	Vantaggi e Svantaggi	6
2.2	Strategia FIFO PRO	7
2.2.1	Vantaggi e Svantaggi	10
2.3	Strategia LOW PENALITY	10
2.3.1	Vantaggi e Svantaggi	10
2.4	Strategia HARD	11
2.4.1	Modulo EMPTY TRASH	14
2.4.2	Checkfinish	15
2.4.3	Vantaggi e Svantaggi	15
2.5	Risultati	15
2.5.1	Testing Histories	15
2.5.2	Final Results Histories	15
2.5.3	Risultati sulla mappa 10x10: hdefault	16
2.5.4	Risultati sulla mappa 10x10: hsimple	17
2.5.5	Risultati sulla mappa 10x10: hhard	17
2.5.6	Risultati sulla mappa 10x10: hperson1	18
2.5.7	Risultati sulla mappa 10x10: hperson2	18
2.5.8	Risultati sulla mappa 10x10: hcheckf	18
2.5.9	Grafici Mappa 10x10	18

Capitolo 1

Introduzione

Nel progetto sono stati affrontati alcuni dei vari problemi che riguardano l'intelligenza artificiale. In questa relazione spiegheremo quali soluzioni sono state adottate, i vantaggi e gli svantaggi e alcuni miglioramenti che possono esser fatti al nostro progetto.

1.1 Strategie

Per svolgere il progetto di IA-LAB sono state implementate 4 strategie in maniera incrementale:

- FIFO WAIT: la strategia usa la politica fifo come politica di scelta degli ordini.
- FIFO PRO: Simile alla precedente, ma in caso di ostacolo che non permette di servire un ordine, l'ordine viene messo al fondo.
- LOW PENALITY: strategia che si basa sulla penalità per effettuare la scelta dell'ordine.
- HARD: a differenza delle altre 3 strategie, questa permette di gestire più ordini in contemporanea. Come la precedente si basa sulle penalità.

Ogni strategia è stata suddivisa in fasi dove ogni fase si occupa di uno specifico sotto-problema. Questa suddivisione ci ha permesso sia uno sviluppo incrementale all'interno della stessa strategia, sia tra strategie diverse, dove è bastato andare a sviluppare in modo più articolato una fase oppure nell'inserire nuove fasi.

Nelle prime due strategie utilizzeremo come astrazione il concetto di coda. Gli ordini verranno inseriti in coda e prelevati dalla testa, quindi prelevati in ordine crescente di step.

1.1.1 Il modulo A*

Tutte le strategie utilizzano il modulo A* per la costruzione dei piani che permettono al nostro robot di spostarsi da un punto A a un punto B. Il punto A è la posizione del robot al momento della pianificazione mentre il goal (il punto B) è dato dalla cella destinazione. Il goal può essere un dispenser, un cestino o un tavolo. Il modulo A* calcolerà anche quali sono i 4 punti di accesso alla nostra destinazione e si fermerà non appena arriverà a uno di esso.

Il modulo A* può terminare fornendo un piano, oppure può fallire. Per memorizzare il piano creato vengono usate due strutture:

```
(deftemplate plane
  (slot plane-id)
  (multislot pos-start)
  (multislot pos-end)
  (slot direction)
  (slot cost)
  (slot status (allowed-values ok failure))
)

(deftemplate step-plane
  (slot plane-id)
  (slot action)
  (slot direction)
  (multislot pos-start)
  (slot father)
  (slot child)
)
```

La struttura step-plane indica i vari passi per eseguire il piano *plane*. I piani vengono memorizzati in modo tale che il robot non debba ripianificare più volte uno stesso percorso. Vengono memorizzati solo i piani principali; nel caso in cui un piano fallisca il piano *riparatore* non viene memorizzato.

Capitolo 2

Strategie

2.1 Strategia FIFO WAIT

La prima strategia che illustreremo è la FIFO WAIT. É una strategia molto semplice, dove gli ordini vengono gestiti come una coda FIFO. Ci sono tre tipi di ordini, gestiti internamente alla strategia e sono diversi i modi in cui essi vengono completati:

- Ordine Accepted: un ordine di questo tipo verrà completato solo quando verranno consegnate al tavolo tutte le consumazioni richieste.
- Ordine Delayed: un ordine di questo tipo verrà completato solo quando verranno consegnate al tavolo tutte le consumazioni richieste. Rispetto al caso precedente le consumazioni non potranno esser consegnate fin quando il tavolo non verrà pulito e le consumazioni buttate nel cestino.
- Ordine Finish: un ordine di questo tipo verrà completato solo quando verrà pulito il tavolo e il robot butterà lo sporco nei vari cestini.

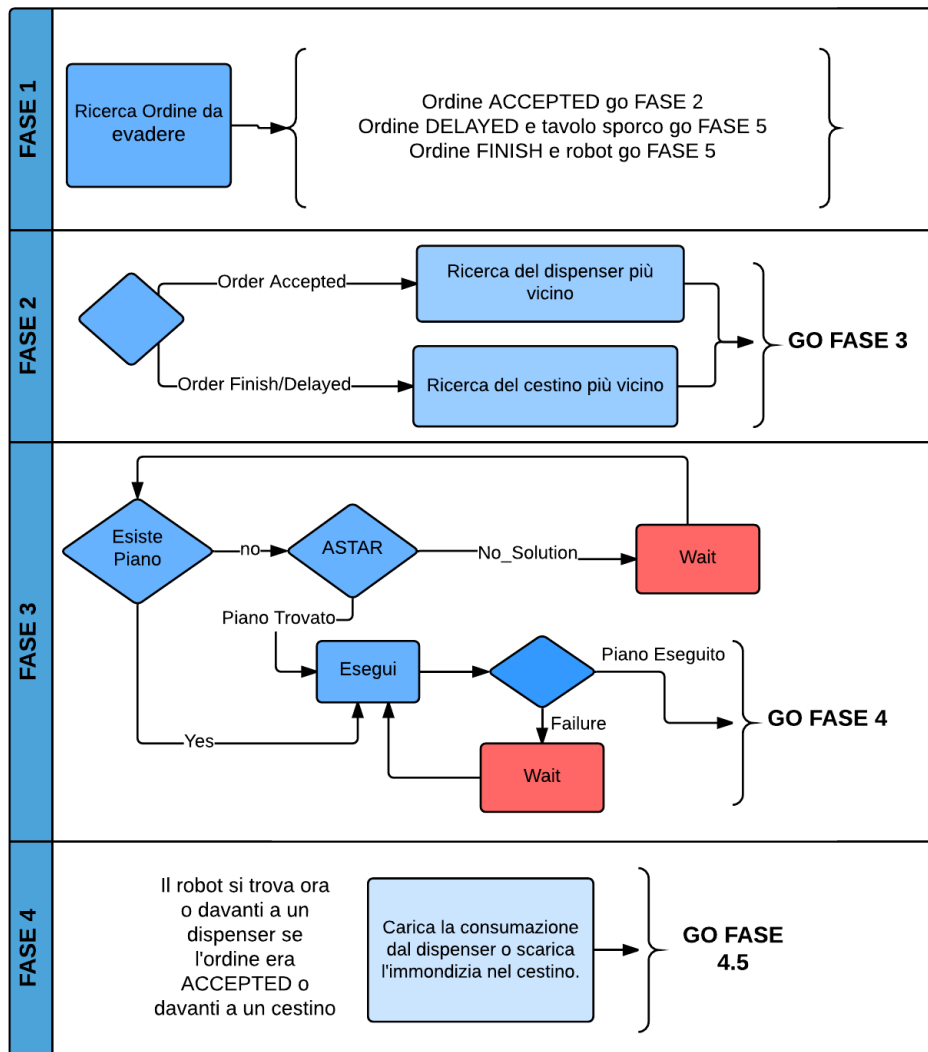


Figura 2.1: Schema Fifo Wait

Come possiamo vedere dallo schema abbiamo suddiviso la nostra strategia in 7 fasi:

- Fase 1: Nella prima fase viene individuato quale sarà l'ordine da servire. Ipotizzando di avere una coda in cui gli inserimenti vanno in coda e i prelievi avvengono dalla testa, l'ordine da evadere sarà l'ordine arrivato da più tempo cioè quello che ha un valore di step più basso.
- Fase 2: In questa fase si andrà ad individuare quale sarà il cestino o il dispenser presso il quale il nostro robot dovrà recarsi. La ricerca del cestino o del dispenser dipende dal tipo di ordine.

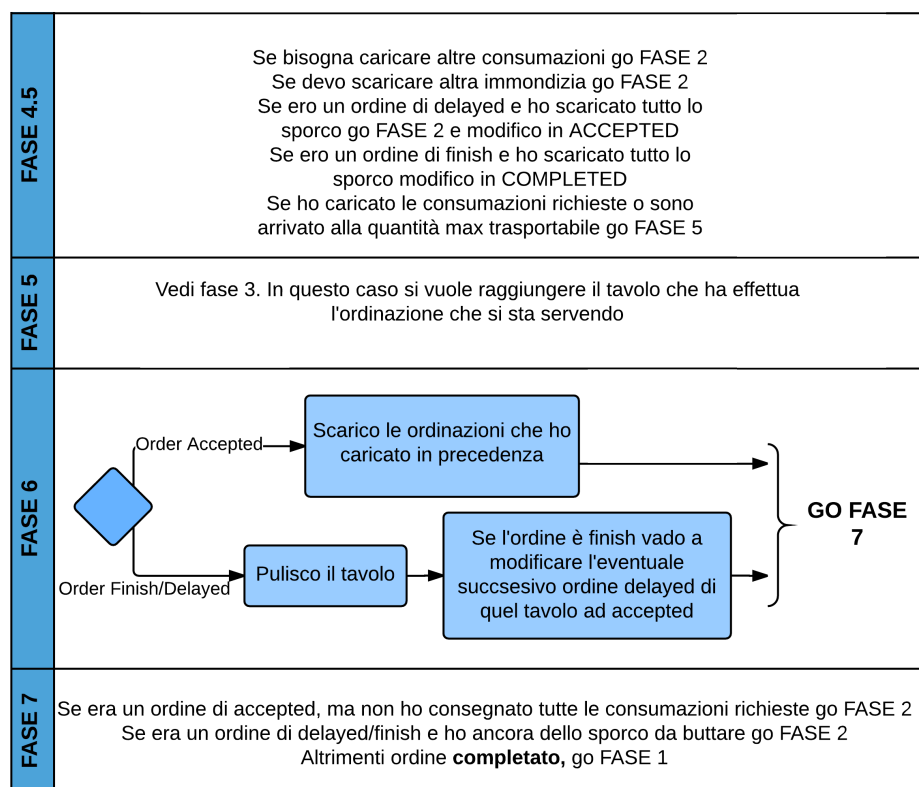


Figura 2.2: Schema Fifo Wait

- Fase 3: In questa fase il robot arriverà alla destinazione prefissata. Per far ciò deve prima calcolare un piano con A^* e poi eseguirlo. Il piano viene calcolato solo se non ne esiste già uno. In caso A^* non trovi soluzione il robot esegue una wait e prova a ricalcolare A^* fin quando non trova una soluzione. Quando il robot ha un piano per raggiungere la sua destinazione lo esegue. Nel caso in cui il piano fallisca il robot esegue una wait e prova a rieseguirlo.
- Fase 4: Il robot a seconda dell'ordine che sta servendo si troverà davanti un dispenser per caricare delle consumazioni (ordine *accepted*) oppure davanti a un cestino per buttare lo sporco (ordine *delayed* o *finish*).
- Fase 4.5: Questa è la fase di controllo in cui il robot decide cosa deve fare, a seconda dell'ordine attivo. Per esempio se era un ordine *accepted* e ha caricato solo i *food* e gli mancano i *drink* dovrà ritornare alla fase 2; analogamente se era un ordine di *finish* o *delayed* e deve ancora buttare dello sporco.
- Fase 5: Identica alla fase 3 tranne per il fatto che la destinazione sarà un tavolo.
- Fase 6: Il robot in questa fase si trova in una posizione in cui può operare sul tavolo. Nel caso di ordine *accepted* rilascia tutte le consumazioni caricate; in caso di ordine *finish* o *delayed* pulisce il tavolo.
- Fase 7: In questa fase controllo se l'ordine può essere considerato completato.

2.1.1 Vantaggi e Svantaggi

Vantaggio di questa strategia è sicuramente la semplicità e l'intuibilità con la quale il sistema funziona. L'idea di questa strategia, oltre alla politica di evasione degli ordini che può essere cambiata in qualsiasi momento andando solo a modificare la fase 1, è quella che il mondo è dinamico e lo è con una certa frequenza.

L'assunzione dalla quale siamo partiti è che le persone si spostano e si spostano molto frequentemente. Da questo risulta evidente che se per arrivare in una determinata posizione incontro un ostacolo (una persona) la mossa più conveniente è quella di aspettare. Se prendiamo in considerazione le teorie di Rodney Brooks in cui afferma che un comportamento intelligente è attribuibile da un osservatore



esterno che vede l'agente interagire con l'ambiente, allora in alcune circostanze il nostro agente potrebbe non dimostrare tale comportamento intelligente. Se una persona rimane, anche se per pochi step in una posizione lungo il percorso dell'agente, il nostro agente invece di aggirarla e dimostrare un comportamento intelligente continuerà a provare a muoversi lungo la sua direzione fin quando la persona non si sarà spostata.



Questo comportamento porta anche a situazioni di deadlock. Essendo in un ambiente simulato anche le persone non hanno un comportamento intelligente, supponendo che una persona si vuole spostare in direzione sud e il robot in direzione nord si arriva in una situazione di stallo. Per ovviare a questa problematica abbiamo implementato la strategia FIFO PRO.

2.2 Strategia FIFO PRO

La strategia FIFO PRO è un'estensione della strategia FIFO WAIT per risolvere il "problema" riscontrato precedentemente. I concetti chiave che differenziano questa strategia dalla precedente sono 2:

- ripianificazione nel caso un piano fallisca
- possibilità di cambiare l'ordine da servire se ci accorgiamo che non è possibile completarlo.

Il primo punto comporta delle modifiche nello schema visto in precedenza nella fase 3 e nella fase 5, ovvero nelle fasi della ricerca ed esecuzione del piano. La figura 2.3 ci mostra le modifiche.

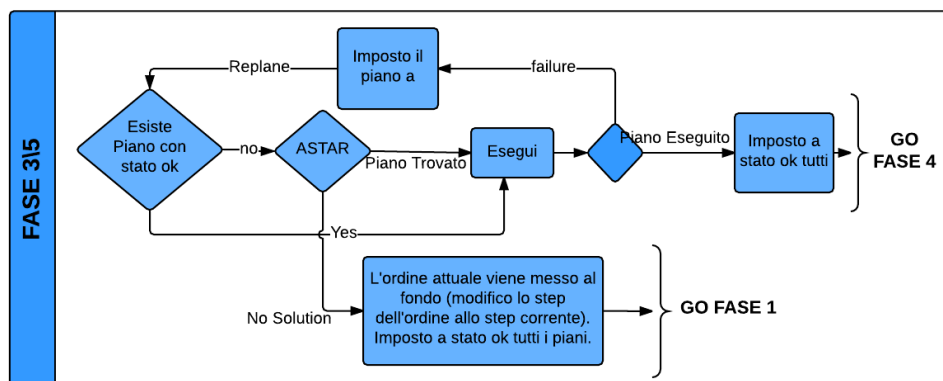


Figura 2.3: Fase 3 e 5 della strategia FIFO PRO

Più complicate le conseguenze del secondo punto, che sono strettamente legate alla pianificazione. La pianificazione non trova sempre una soluzione. Nel caso in cui astar non riesca a trovare un percorso per raggiungere la nostra destinazione cambiamo l'ordine da servire. Questo comporta che l'ordine corrente verrà messo al fondo della nostra coda ordini e sarà servito successivamente. Questo comporta alcuni problemi che hanno complicato la strategia FIFO PRO rispetto la precedente, e che saranno comuni anche alle successive strategie.



La strategia FIFO WAIT aveva un grosso vantaggio: ogni volta che si serve un nuovo ordine sicuramente l'agente si trova nello stato adatto per iniziare a servirlo. Questo significa che l'agente non ha nè sporco nè consumazioni a bordo. Questa sicurezza non si ha nella strategia FIFO PRO. Supponiamo che un agente stia servendo un ordine finish e debba andare al cestino per liberarsi dallo sporco ma sfortunatamente il cestino non ha punti d'ingresso perchè occupati da persone, questo ordine verrà abbandonato e inserito al fondo e verrà recuperato il successivo ordine. Se il successivo ordine è un accepted non potrà subito avviare le operazioni per servirlo, ma dovrà sempre liberarmi dello sporco.

Nella fase 1 si ha un dispatcher che indica, a seconda dello stato dell'agente e dell'ordine, l'azione da compiere. La figura 2.4 mostra la fase 1 della strategia FIFO PRO.

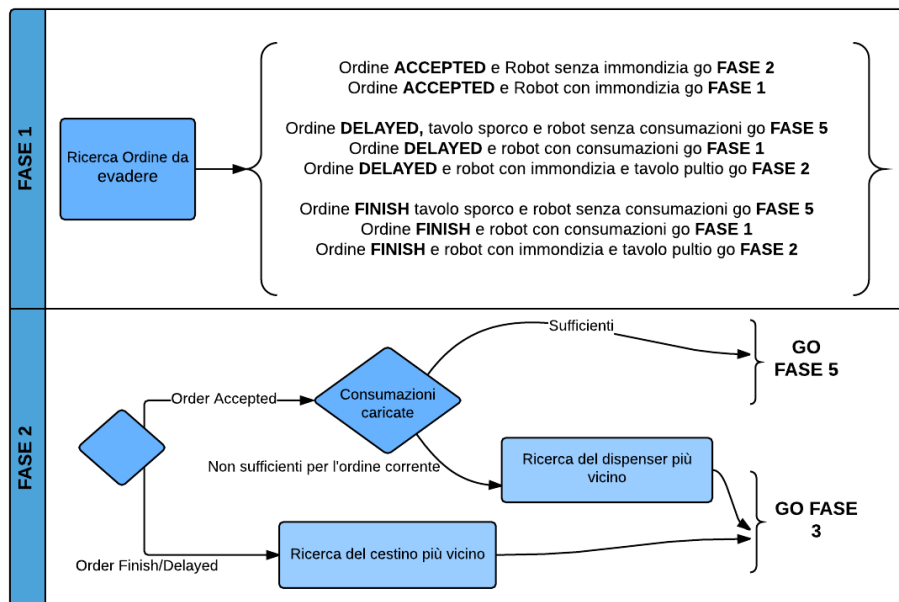


Figura 2.4: Fase 1 e 2 della strategia FIFO PRO

Rimescolando gli ordini può succedere che ordini accepted vengano completati in ordine diverso dal quale siano arrivati. Nella strategia FIFO WAIT si era sicuri che una volta caricate le consumazioni dai dispenser, quelle consumazioni sarebbero state consegnata al tavolo che le aveva richieste. Nella strategia FIFO PRO questo non avviene. Supponendo di aver caricato dai dispenser un tot di consumazioni e che il robot non riesca ad arrivare al tavolo, il successivo ordine di accepted che verrà prelevato dalla coda potrebbe non aver bisogno di tornare ai dispenser (o di tornarci parzialmente), in quanto il robot ha già a bordo le consumazioni dell'ordine precedente. Si è dovuto implementare un meccanismo che permetta di capire al robot se e quanto deve caricare dai dispenser.

Altra piccola modifica avviene nella fase 6. Nella strategia FIFO WAIT gli ordini di tipo finish erano sicuramente eseguiti prima degli ordini di tipo delayed (questo comportava di andare a modificare l'ordine delayed in accepted una volta pulito il tavolo). Nella strategia FIFO PRO questo non è sempre vero, è possibile che un ordine finish venga rimesso al fondo della nostra coda e verrà eseguito un ordine di delayed (ovviamente ci riferiamo a ordini sullo stesso tavolo). In questo caso se l'ordine delayed riesce con successo a pulire il tavolo, il sistema dovrà settare come completata anche l'ordine finish.

Nella fase 7 inoltre quando il robot svuota l'immondizia bisogna andare a settare a completato tutti gli ordini finish che sono stati rimessi in coda perchè il dispenser era occupato.

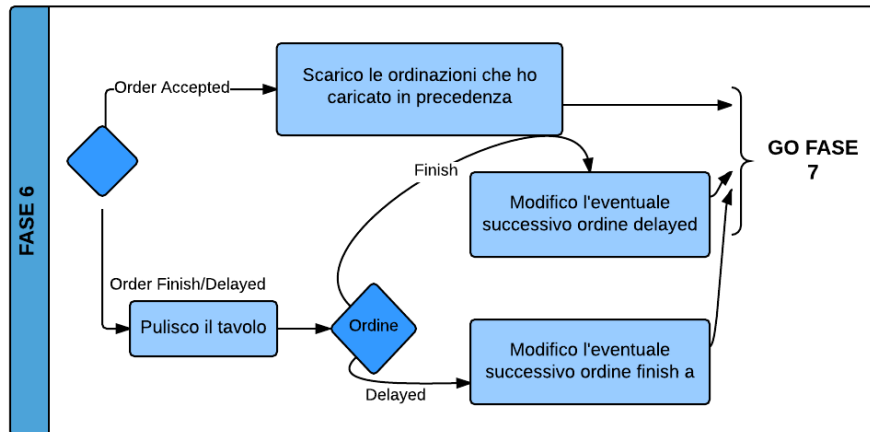


Figura 2.5: Fase 6 della strategia FIFO PRO



Figura 2.6: In questo esempio il robot vuole arrivare al TD e continuerà a spostarsi dalla cella (9,6) alla (7,4) e viceversa. Ricordiamo che il robot del mondo conosce solo lo stato delle 9 celle adiacenti a lui e le posizioni dei dispenser e dei tavoli. Quando si trova nella cella (7,4) non sa che nella (9,5) c'è una persona e quindi astar pianifica verso quella destinazione.

2.2.1 Vantaggi e Svantaggi

Il sistema riesce dinamicamente a servire i vari ordini ripianificando i percorsi o cambiando gli ordini da servire. Obiettivo di questa strategia è rendere il sistema più robusto e flessibile. Utilizzando questa strategia rispetto alla precedente non è detto che si migliori l'efficienza del sistema. Anche utilizzando questa strategia il sistema potrebbe rimanere bloccato, si veda la figura 2.6. Si potrebbe ulteriormente ottimizzarla andando a imporre un numero di fallimenti massimo per arrivare a una specifica posizione; arrivati a tale limite l'ordine viene rimpiazzato dal successivo.

2.3 Strategia LOW PENALITY

La strategia LOW PENALITY si differenzia dalla precedente soprattutto per la Fase 1, ovvero per la ricerca dell'ordine da evadere. Si abbandona la politica FIFO per individuare e servire l'ordine che a ogni step porterebbe una penalità maggiore. Ogni qual volta arriva un ordine, viene calcolata la relativa penalità. Quando bisogna scegliere un ordine si sceglie quello con penalità maggiore. L'obiettivo è quello di minimizzare la penalità. Altra differenza con le precedenti strategie sta nella gestione dell'ordine accepted. Nelle precedenti strategie l'ordine viene evaso completamente. In questa strategia si vuole minimizzare le penalità, quindi se un ordine ha richiesto 3 food e 3 drink, l'agente consegnerà le consumazioni secondo la sua massima capienza. Consegnate le consumazioni l'ordine o è stato completato o viene rimesso negli ordini da evadere aggiornando le consumazioni (e le penalità) in base a quelle già consegnate.

2.3.1 Vantaggi e Svantaggi

Obiettivo di questa strategia è quella di minimizzare le penalità rispetto alle strategie precedenti. Vedremo nella sezione Analisi Strategia se i risultati sono stati raggiunti. Gli svantaggi sono i medesimi della strategia FIFO PRO.

2.4 Strategia HARD

La strategia HARD è la più complessa e permette di servire più tavoli in contemporanea. In comune con la strategia precedente ha la ripianificazione nel caso il piano calcolato fallisca, e il cambio dell'ordine corrente per un altro nel caso non si riesca a trovare un piano per arrivare a destinazione.

Iniziamo a vedere il meccanismo con il quale viene scelto l'ordine da evadere (*FASE 1*).

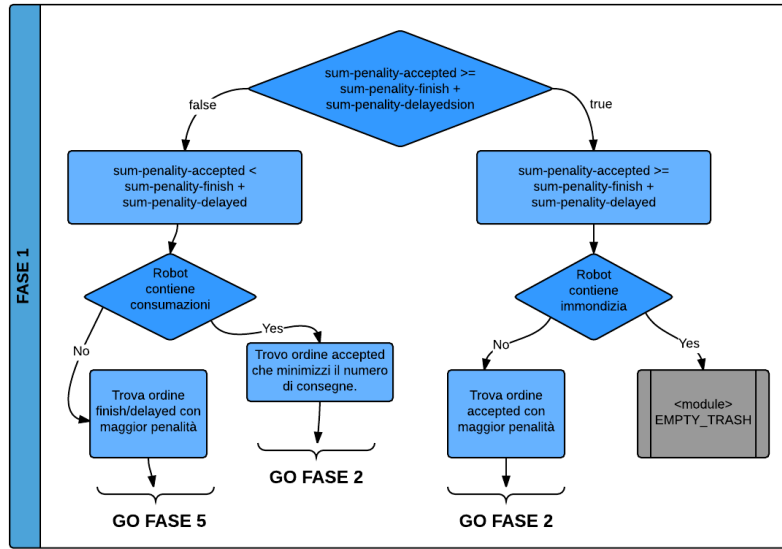


Figura 2.7: Fase 1 della strategia HARD

$$Ordine = \max(x1, x2 + x3). \quad (2.1)$$

$$x1 = \sum_{k=1}^n Ordine_{accepted,k}(pen).$$

$$x2 = \sum_{k=1}^n Ordine_{delayed,k}(pen).$$

$$x3 = \sum_{k=1}^n Ordine_{finish,k}(pen).$$

Dalla formula (2.1) si deduce qual'è l'insieme di ordini che a ogni istante di tempo introducono più penalità nel sistema. Una volta individuato questo insieme si cerca al suo interno l'ordine con penalità maggiore. Tale

ordine verrà servito. In alcuni casi il robot prima di servire tale ordine deve compiere delle altre operazioni:

- l'ordine da evadere è una finish o delayed ma ho delle consumazioni a bordo, il robot deve consegnare le consumazioni che ha prima di servire l'ordine finish o delayed. Di conseguenza bisogna cercare uno o più ordini accepted. L'idea che sta alla base della ricerca in questo caso è quella di trovare l'ordine o gli ordini che minimizzino il numero di consegne. Se il robot si trova in una situazione di 1drink e 1food preferirà consegnare le consumazioni a un singolo tavolo invece che a due diversi.
- l'ordine da evadere è un accepted ma il robot ha sporco a bordo, il sistema forza il robot a recarsi ai cestini.

La fase 2 e 3 sono quasi identiche alle precedenti. La fase 2 viene eseguita solo nel caso di ordini accepted, quindi si ricercherà solo il dispenser più vicino al robot.

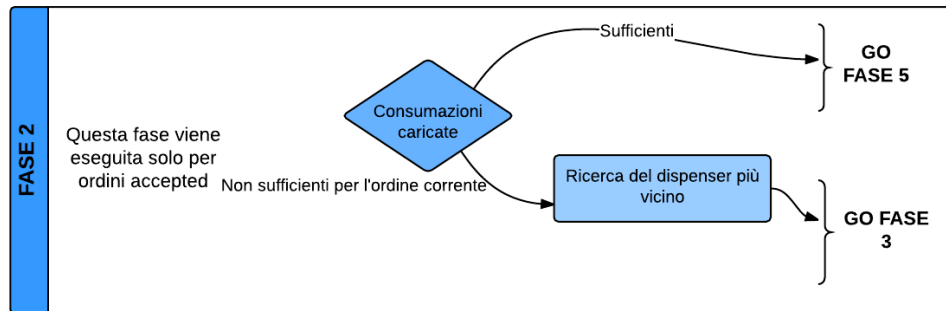


Figura 2.8: Fase 2 della strategia HARD

Nella fase 4, ovvero il caricamento dai dispenser delle consumazioni, abbiamo introdotto la possibilità di caricare le consumazioni per più ordini. Quando il robot arriva a un dispenser carica le consumazioni per l'ordine corrente. Se ha ancora spazio a disposizione e vi sono consumazioni di altri ordini da poter caricare vengono caricate fino al raggiungimento della capacità massima. La fase 4.5 è molto più semplice delle precedenti. Il fatto di trattare e gestire la pulizia dei tavoli nel modulo EMPTY TRASH ha reso meno complicate alcune fasi.

La fase 5 ovvero la ricerca e l'esecuzione del piano per arrivare al tavolo rimane immutata, e non la descriviamo nuovamente.

Nella fase 6 si consegnano le consumazioni al tavolo se era un ordine di accepted o si pulisce il tavolo se era un ordine di finish o delayed. Nel primo caso potrebbe capitare che l'ordine non risulti completamente evaso, e come nella strategia LOW PENALTY, quest'ordine torna nella lista di ordini da evadere aggiornando le consumazioni da portare in base a quelle

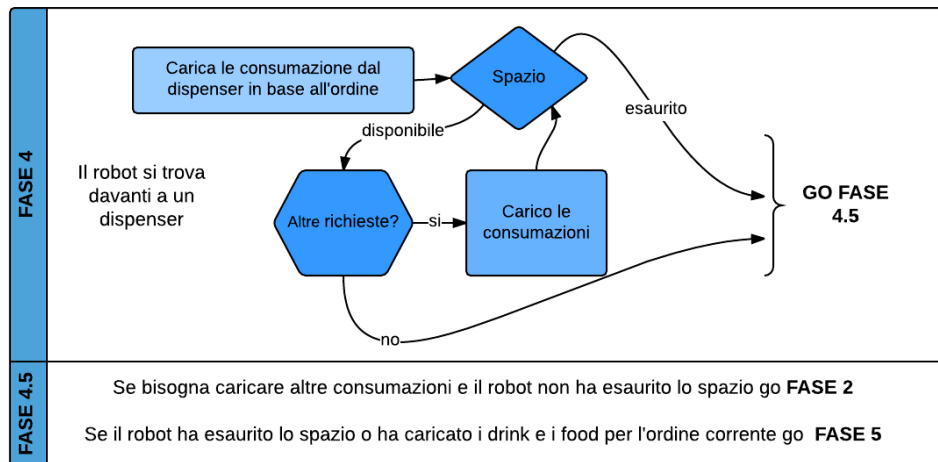


Figura 2.9: Fase 4 e 4.5 della strategia HARD

già consegnate. Nel caso sia un ordine di finish oltre a pulire il tavolo l'ordine viene impostato come completato, cosa che non accadeva nelle altre strategie. Nel caso sia un ordine di delayed l'ordine viene impostato ad accepted e torna nella lista di ordini da evadere. In entrambi i casi il robot ha dello sporco a bordo, ma sarà la fase 1 della strategia che indicherà al robot di andare ai cestini.

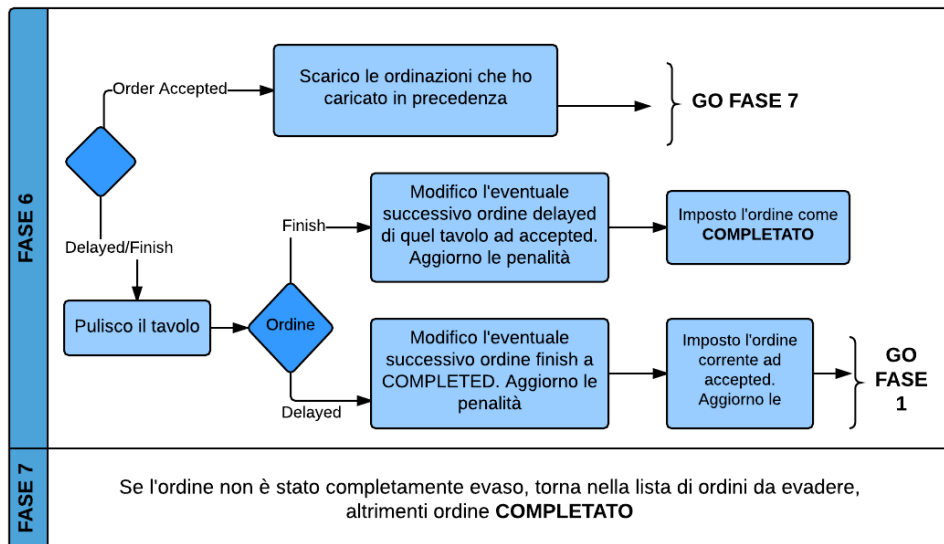


Figura 2.10: Fase 6 e 7 della strategia HARD

2.4.1 Modulo EMPTY TRASH

Questo modulo si occupa di liberare dallo sporco il robot. A differenza delle altre strategie, che ogni volta che si puliva un tavolo si cercava anche di liberarsi dello sporco, in questa la pulizia avviene soltanto nei seguenti casi (vedi 2.7):

- l'ordine da evadere è un accepted ma il robot ha sporco a bordo, il sistema forza il robot a recarsi ai cestini.
- il robot non ha ordini da completare, prima di fare delle wait prova a liberarsi dello sporco se ne ha.

Anche questo modulo è stato suddiviso in 4 fasi:

- FASE 0: si individuano quali sono i cestini servibili.
- FASE 1: si individua il cestino più vicino (equivalente alla fase 2 delle strategia HARD)
- FASE 2: si pianifica e si esegue il piano per arrivare al cestino (equivalente alla fase 3/5 delle strategia HARD)
- FASE ND: insieme di azioni da eseguire nel caso A^* non trovi una soluzione.
- FASE 3: il robot scarica l'immondizia nel cestino
- FASE 4: si ritorna alla strategia HARD dove verrà eseguita la FASE 1. Se il robot non ha più sporcizia è pronto per servire ordini accepted altrimenti rieseguirà il modulo EMPTY TRASH.

Si è dovuto gestire il caso in cui A^* fallisca. Una prima soluzione in caso A^* fallisca poteva esser quella di aspettare fin quando il basket diventava accessibile, ma risulta essere una soluzione troppo costosa. Il robot potrebbe compiere delle operazioni invece che aspettare. Le azioni che abbiamo individuato sono le seguenti:

- la ricerca di un altro cestino se esiste
- la ricerca di un altro ordine da servire. Questo significa tornare alla strategia HARD e forzare il robot a evadere un ordine finish o delayed (sono gli unici ordini su cui possiamo operare anche se il robot ha lo sporco).
- effettuare delle checkfinish. Se non vi sono ordini finish possiamo cercare se vi sono degli ordini accepted le cui consumazioni sono state consumate e quindi è possibile effettuare un'operazione di pulizia del tavolo.

2.4.2 Checkfinish

2.4.3 Vantaggi e Svantaggi

2.5 Risultati

Le quattro strategie sono state create in maniera incrementale, aggiungendo regole e modificandone alcune al fine di migliorare le prestazioni delle strategie e minimizzare la penalità accumulata. Al fine di confermare queste ipotesi abbiamo creato un gruppo di history per trarre conclusioni e fare assunzioni basate su dati certi, le *Final Results History*.

Un altro gruppo di history, creato per testare le strategie stesse, affinché si comportassero come previsto, è stato creato durante lo sviluppo.

2.5.1 Testing Histories

Le testing history sono quattro: default, complicata, dave, finish, wait.

History *default*

E' la history inclusa nel progetto.

	FIFO_BASE	FIFO_PRO	LOW_PENALITY	HARD
Penalty	1452	1452	1452	676
Reused planes	1	1	1	0
Orders performed	4	4	0	1
Total orders	4	4	4	4

2.5.2 Final Results Histories

Per ottenere i risultati finali sulle strategie sono state create tre mappe e sei history diverse per ogni mappa. Le mappe sono di tre dimensioni diverse: *10x10* blocchi, *20x20* e *30x30*; mentre le cinque history sono state etichettate come: *hdefault*, *hsimple*, *hhard*, *hperson1*, *hperson2* e *hcheckf*. Ogni history rappresenta uno scenario particolare.

La history default presenta le seguenti caratteristiche:

- poche persone che si muovono.
- presenza sia di ordini con molte richieste, sia di ordini con poche richieste.

La history *hsimple* presenta le seguenti caratteristiche:

- non vi sono persone che si muovono.
- presenza solo di ordini con poche richieste.

La history hhard presenta le seguenti caratteristiche:

- non vi sono persone che si muovono.
- presenza solo di ordini con tante richieste.

La history hperson1 presenta le seguenti caratteristiche:

- molte persone che si muovono di continuo. Ogni persona si sposta da un punto A a B e viceversa.
- presenza sia di ordini con molte richieste, sia di ordini con poche richieste.

La history hperson2 presenta le seguenti caratteristiche:

- molte persone che si muovono di continuo. Ogni persona si sposta da un punto A a B e viceversa. A differenza della hperson1 che ad ogni step una persona si muove, nella hperson2 lo spostamento avviene ogni x step. Con x che varia da 1 a 4.
- presenza sia di ordini con molte richieste, sia di ordini con poche richieste.

La history hcheckf presenta le seguenti caratteristiche:

- non vi sono persone che si muovono.
- presenza sia di ordini con molte richieste, sia di ordini con poche richieste.
- history create in modo tale da utilizzare l'azione di checkfinish da parte della strategia HARD.

2.5.3 Risultati sulla mappa 10x10: hdefault

	FIFO_BASE	FIFO_PRO	LOW_PENALTY	HARD
Penalty	5837	5616	4192	4166
Reused Planes	2	4	5	0
Order performed	7	7	6	6
Total orders	10	10	10	10

Dalla tabella notiamo che la strategy HARD è quella che minimizza la nostra penalità. Questo risultato può essere forviante in quanto dipende dal numero di ordini che la strategia riesce a servire. Questo numero può variare a second della strategia in esecuzione in quanto ordini inseriti nella history non sono consistenti con tale esecuzione e non vengono presi in carico dal

sistema. Per questo motivo un metro di giudizio non è stato il valore della penalty, ma la penalty media per ogni ordine.

Come precedentemente spiegato nel capitolo 1.1.1 i piani principali vengono salvati. I risultati sulla riga Reused Plane codificano l'informazione riguardante questa idea. Ricordiamo che il fatto di riutilizzare un piano non ci dà dei guadagni dal punto di vista della penalità. Notiamo che la strategy HARD non riutilizza nessun piano (prima di commentare questo risultato valuteremo anche i dati provenienti dalle altre history per vedere se è una casualità o se è un risultato determinato da come la strategy HARD serve gli ordini)

Dall'esecuzione della FIFO BASE e FIFO PRO su questa history si ha un primo confronto tra l'idea di aspettare nel caso in cui vi sia una persona sul percorso del robot, e quella della FIFO PRO di ripianificare. Notiamo che anche se il robot deve ripianificare e allungare i tempi di consegna per via dell'esecuzione di un altro percorso, la penalità risulta migliore rispetto al fatto di aspettare anche se per pochi step (3 nella nostra esecuzione). La FIFO BASE completa i suoi ordini in 171 step mentre la FIFO PRO in 176.

2.5.4 Risultati sulla mappa 10x10: hsimple

	FIFO_BASE	FIFO_PRO	LOW_PENALTY	HARD
Penalty	1527	1527	1661	1345
Reused Planes	5	5	4	3
Order performed	11	11	11	11
Total orders	12	12	12	12

Nel caso in cui le penalità tra FIFO WAIT e FIFO PRO risultino uguali, significa che le persone non hanno inciso sull'esecuzione della strategia, e che quindi non ci sono state nè ripianificazioni nè attese.

2.5.5 Risultati sulla mappa 10x10: hhard

	FIFO_BASE	FIFO_PRO	LOW_PENALTY	HARD
Penalty	14966	14966	14651	12089
Reused Planes	14	14	14	3
Order performed	9	9	9	9
Total orders	12	12	12	12

Nel caso in cui le penalità tra FIFO WAIT e FIFO PRO risultino uguali, significa che le persone non hanno inciso sull'esecuzione della strategia, e che quindi non ci sono state nè ripianificazioni nè attese. In LOW PENALTY e HARD pur effettuando delle ripianificazioni la penalty risulta inferiore.

2.5.6 Risultati sulla mappa 10x10: hperson1

	FIFO_BASE	FIFO_PRO	LOW_PENALTY	HARD
Penalty	NaN	11711	6943	11423
Reused Planes	0	8	7	2
Order performed	2	11	11	11
Total orders	12	12	12	12

La strategy FIFO WAIT non termina in quanto si arriva in una situazione di deadlock. Il valore molto alto riscontrato su HARD è dovuto al fatto che ripianifica un numero di volte maggiore rispetto alle altre penalità.

2.5.7 Risultati sulla mappa 10x10: hperson2

	FIFO_BASE	FIFO_PRO	LOW_PENALTY	HARD
Penalty	NaN	7594	8235	6747
Reused Planes	0	7	8	3
Order performed	0	9	11	7
Total orders	12	12	12	12

2.5.8 Risultati sulla mappa 10x10: hcheckf

	FIFO_BASE	FIFO_PRO	LOW_PENALTY	HARD
Penalty	4964	4964	3840	3336
Reused Planes	8	8	5	5
Order performed	12	12	12	12
Total orders	12	12	12	12

2.5.9 Grafici Mappa 10x10