

CLAUDIO GIARDINI 0000460158
ENRICO POLVERELLI 0000497400

RELAZIONE SULL' ELABORATO DI PROGETTO FINALE PER IL CORSO DI
SISTEMI MULTI AGENTE LM

SVILUPPO DI UN
S.M.A. PER L' AUTOMATIZZAZIONE DI ENTRATE,
STOCCAGGI E USCITE DI MERCI IN UN MAGAZZINO

SOMMARIO

UN S.M.A CHE SI OCCUPA DI ORGANIZZARE I FLUSSI DI MERCI ENTRANTI E USCENTI DA UN MAGAZZINO E DI GESTIRE GLI STOCCAGGI, IN PARTICOLARE GLI AGENTI SI PREOCCUPANO DI SCARICARE I VEICOLI IN ARRIVO, POSIZIONARE I VARI PALLET SUGLI SCAFFALI IN MANIERA DINAMICA E INFINE REPERIRE LE MERCI RICHIESTE E CARICARLE SUI VEICOLI IN PARTENZA.

AMBIENTE OPERATIVO DI RIFERIMENTO

QUESTO ELABORATO SI COLLOCA NELL' AMBITO DELLA LOGISTICA, IN PARTICOLARE IN QUEL RAMO DELLA LOGISTICA DEI TRASPORTI CHE SI OCCUPA DELLA GESTIONE DEI MAGAZZINI PER LE MERCI, NEI QUALI VENGONO ACCETTATE LE MERCI CONSEGNATE, STOCCATE NEL MAGAZZINO E INFINE CARICATE SU VEICOLI PRONTI A PARTIRE. USUALMENTE LE MERCI NON VENGONO TRATTATE SFUSE, MA IMPACCATTE IN PALLET (PER LE CUI DIMENSIONI ESISTONO DEGLI STANDARD) E LO STOCCAGGIO IL PIÙ DELLE VOLTE AVVIENE PER MEZZO DI GROSSI SCAFFALI SUI QUALI I VARI PALLET VENGONO IMPILATI L' UNO SULL' ALTRO. L' UTILIZZO DEGLI SCAFFALI DÀ IL VANTAGGIO DI POTER STOCCARE LE MERCI ANCHE IN ALTEZZA, NON SOLO IN LUNGHEZZA E IN LARGHEZZA COME AVVIENE AMMASSANDO O AMMUCCHIANDO A TERRA.

USUALMENTE IL MAGAZZINO PRESENTA DELLE BAIE, AREE DESTINATE ALLE OPERAZIONI DI CARICO E SCARICO, PER MEZZO DELLE QUALI È POSSIBILE SALIRE PIUTTOSTO AGEVOLMENTE NEL VANO CARICO DEGLI AUTOVEICOLI DI TRASPORTO PER CARICARE E SCARICARE I PALLET.

E SICCOME I PALLET SONO MOLTO PESANTI SI USANO DEI MULETTI PER PRENDERE, POSARE E SPOSTARE LE MERCI.

LO STOCCAGGIO ALL' INTERNO DEL MAGAZZINO AVVIENE PER MEZZO DI SCAFFALI ALTI, GRANDI E ROBUSTI, COSTRUITI PER SOPPORTARE IL PESO DI TUTTO IL CARICO CHE DOVRANNO OSPITARE. USUALMENTE SI TENDE AD OTTIMIZZARE LO SPAZIO ALL' INTERNO DEI MAGAZZINI STESSI DISPONENDO GLI SCAFFALI PARALLELAMENTE A FORMARE DEI CORRIDOI E PARALLELAMENTE ALLE PARETI, CHE DI SOLITO DELIMITANO UNA BASE RETTANGOLARE DEL MAGAZZINO STESSO.

SCOPO

CON QUESTO ELABORATO SI INTENDE COSTRUIRE UNA SIMULAZIONE AD AGENTI DI UN MAGAZZINO COMPLETAMENTE AUTOMATIZZATO, NEL QUALE I LAVORI DI CARICO, SCARICO E POSIZIONAMENTO DELLE MERCI SONO EFFETTUATI NON DALLE PERSONE, MA DA DEI ROBOT. I VANTAGGI DI UN MAGAZZINO ORGANIZZATO COSÌ SONO DIVERSI E FACILMENTE INTUIBILI E IN PARTICOLARE SPICCANO:

- SICUREZZA: EVITARE A DELLE PERSONE DI COMPIERE TALI LAVORI, NEI QUALI LA PERCENTUALE DI INCIDENTI LAVORATIVI È PIUTTOSTO ALTA, ALCUNI DEI QUALI ANCHE LETALI, COME IL TRAVOLGIMENTO DELL' OPERAIO ALLA GUIDA A SEGUITO DEL RIBALTAMENTO DI UN CARRELLO ELEVATORE, INVESTIMENTI DI PERSONE, CADUTE DI CARICHI DA PARETI DI SCAFFALI

- RISPARMIO: È L' ALTRA FACCIA DEL PRECEDENTE ASPETTO, SE È VERO CHE PERMETTE DI SALVAGUARDARE L' INCOLUMITÀ DELLE PERSONE FISICHE, È ANCHE VERO CHE NON È NECESSARIO STIPENDIARE MENSILMENTE DEGLI OPERAI PER COMPIERE TALI LAVORI, LAVORI CHE DELLE MACCHINE A CONTROLLO AUTONOMO POTREBBERO CONDURRE ANCHE 24 ORE SU 24, MACCHINE CHE SI ACQUISTANO UNA VOLTA SOLA (O PIÙ PROBABILMENTE SONO GIÀ PRESENTI, È NECESSARIO SOLO INSTALLARE DEI COMPONENTI AGGIUNTIVI A COSTO ANCORA PIÙ BASSO) E PER LE QUALI LA MANUTENZIONE COSTA DI MENO, MANUTENZIONE CHE PUÒ ESSERE EFFETTUATA IN PERIODI DI BASSO LAVORO, SENZA QUINDI INTACCARNE L' EFFICIENZA

- PRECISIONE: IL MOTIVO PRINCIPALE PER CUI PERIODICAMENTE È NECESSARIO COMPILARE L' INVENTARIO È PERCHÉ A VOLTE CAPITANO ERRORI DI VARIO TIPO, COME MINORI CONSEGNE RISPETTO

A QUANTO RICHIESTO, ERRORI DI SPEDIZIONE (NON VENGONO CARICATI DEGLI OGGETTI O VENGONO CARICATI OGGETTI SBAGLIATI) , ERRORI DI TRASCRIZIONE DELLE OPERAZIONI EFFETTUATE, ECC. TUTTO QUESTO FA SÌ CHE NEL TEMPO SI GENERI UNA CERTA DERIVA TRA QUELLO CHE IN TEORIA DOVREBBE ESSERE LO STATO DEL MAGAZZINO (QUALI MERCI DOVREBBERO PRESENTI E IN CHE QUANTITÀ E QUALI NON DOVREBBERO ESSERE DISPONIBILI) E QUELLO CHE IN PRATICA È LO STATO DEL MAGAZZINO (QUALI MERCI SONO DAVVERO PRESENTI E IN CHE QUANTITÀ E QUALI SONO DAVVERO NON DISPONIBILI). IL LAVORO ORDINARIO VIENE USUALMENTE SOSPESO PER LE OPERAZIONI DI INVENTARIAZIONE. E QUESTO SIGNIFICA CHE IN CERTE GIORNATE SI PAGANO I LAVORATORI NON PER LAVORARE MA PER CAPIRE COSA IL LORO LAVORO HA FATTO. INOLTRE RIMEDIARE AGLI ERRORI DI SPEDIZIONE COSTA MOLTO: È NECESSARIO INFATTI CONSEGNARE LA MERCE NON INVIATA CON UN VIAGGIO SPECIFICO (CHE EQUIVALE AD UN COSTO FISSO AGGIUNTIVO) SOLO PER QUELLA MERCE. UNA GESTIONE AUTOMATIZZATA DEI PROCESSI DI MAGAZZINO MIRA A RISOLVERE ANCHE QUESTI PROBLEMI.

AGENTI MAGAZZINIERI

DAL MOMENTO CHE, COME SPECIFICATO ALL' INIZIO DELLA SEZIONE PRECEDENTE, SI INTENDE COSTRUIRE UNA SIMULAZIONE AD AGENTI DI UN MAGAZZINO AUTOMATIZZATO, CI SI CHIEDE CHI POSSANO ESSERE QUESTI AGENTI. IN REALTÀ, SE È VERO CHE UN PROGETTO DEL GENERE POTREBBE PORTARE ALLA COMPLETA SOSTITUZIONE DEL LAVORO UMANO CON MACCHINE, GLI AGENTI IN QUESTIONE SONO DELLE ENTITÀ AUTOMATIZZATE CHE DOVRANNO SOSTITUIRE GLI OPERAI ALLA GUIDA DEI MULETTI. NELLA FATTISPECIE TALI AGENTI DOVRANNO EFFETTUARE QUELLE OPERAZIONI DI CARICO E SCARICO SUI VEICOLI, SI STOCCAGGIO AGLI SCAFFALI E TRASPORTO ALL' INTERNO DEL MAGAZZINO CHE ATTUALMENTE SONO AFFIDATE AL LAVORO UMANO. GLI AGENTI CHE INTERESSA PROGRAMMARE SONO QUINDI QUELLI RELATIVI AI ROBOT CHE EFFETTUANO IL LAVORO DI CARICO, SCARICO E SPOSTAMENTO DELLE MERCI.

ALL' INTERNO DI UN VERO MAGAZZINO L' HARDWARE NECESSARIO È PRESENTE QUASI TUTTO: INFATTI LA BASE PER LA COSTRUZIONE DEI ROBOT SONO I CARRELLI ELEVATORI CHE VENGONO NORMALMENTE USATI PER EFFETTUARE LE VARIE OPERAZIONI. ATTRAVERSO DELLE MODIFICHE È POSSIBILE INSTALLARE SU OGNI MULETTO UN MICROCOMPUTER CHE POSSA CONTROLLARLO PER MEZZO DI UN OPPORTUNO SOFTWARE. SICURAMENTE TALE SOFTWARE DOVRÀ INCLUDERE UNA PARTE DI BASSO LIVELLO CON CUI COMANDARE LE VARIE CENTRALINE PRESENTI NEL VEICOLO PER FARE IN MODO CHE POSSA SPOSTARSI IN UNA CERTA DIREZIONE, CURVARE, AZIONARE IL SOLLEVATORE (PRIMA QUESTE AZIONI ERANO INNESCASTE DA COMANDI DATI "VIA HARDWARE" DAGLI OPERAI ALLA GUIDA TRAMITE L' AZIONAMENTO DI LEVE E PEDALI, I CUI INPUT VENGONO ELABORATI DAL SOFTWARE PRESENTE NELLE CENTRALINE DEI VEICOLI CHE POI PRODUCE GLI EFFETTI DESIDERATI¹, QUINDI L' IDEA È SEMPLICEMENTE QUELLA DI INTERFACCIARSI ALLE VARIE CENTRALINE IN UN MODO DIVERSO). UNA PARTE DI ALTO LIVELLO SI OCCUPERÀ POI DI IMPLEMENTARE UN ALGORITMO CHE RICALCHI IL LAVORO UMANO.

DAL MOMENTO CHE L' ELABORATO PRESENTATO PUNTA A COSTRUIRE UNA SIMULAZIONE E NON UN MAGAZZINO VERO E PROPRIO DIVERSI ASPETTI DELL' AMBIENTE MAGAZZINO E DIVERSI ASPETTI DI BASSISSIMO LIVELLO SARANNO SOLO SIMULATI IN MANIERA SEMPLICE E FUNZIONALE ALLA PARTE DI ALTO LIVELLO (L' ALGORITMO CHE ESEGUE IL LAVORO UMANO), SULLA QUALE L' INTERESSE È INFATTI FOCALIZZATO.

IL COMPORTAMENTO DI TALI AGENTI, DESCRITTO IN MANIERA MOLTO SEMPLICE, SARÀ IL SEGUENTE: ALL' ARRIVO DEI VEICOLI DEI RIFORNIMENTI – OGNI VOLTA CHE NE ARRIVA UNO – SI PREOCCUPANO DI SCARICARE E POSIZIONARE I PALLET NEGLI SCAFFALI. QUANDO SONO PRESENTI DEGLI ORDINI DA EVADERE, OSSIA DEGLI INSIEMI DI MERCI DA CARICARE SU DEI VEICOLI, GLI AGENTI DOVRANNO ANDARE A PRENDERLE, PORTARLE E CARICARLE. OVVIAMENTE DOVRANNO EVITARE DI SCONTRARSI

¹ Tale aspetto viene accennato nel corso di "Sistemi e Tecnologie per l' Automazione"

TRA LORO, DI RUBARSI LE MERCI A VICENDA, DI INTRALCIARSI DURANTE I VARI TRAGITTI (O ALMENO CHE SI INTRALCINO IL MENO POSSIBILE!). POTREBBERO POI AIUTARSI A VICENDA O DIVIDERSI I COMPITI. SARÀ PRESO IN CONSIDERAZIONE ANCHE L' ASPETTO DELLA PRIORITÀ: VEICOLI PIÙ PRIORITARI DOVREBBERO ESSERE SERVITI "MEGLIO" RISPETTO A VEICOLI MENO PRIORITARI. SEGUONO ALCUNI POSSIBILI SCENARI OPERATIVI: UN POSSIBILE SCENARIO È L' ARRIVO DI 2 CAMION DI RIFORNIMENTI E GLI AGENTI LO SCARICANO, UN ALTRO SCENARIO È LA PRESENZA DI CINQUE ORDINI DA EVADERE E GLI AGENTI METTONO INSIEME I VARI ITEM DEI VARI ORDINI SUI VARI CAMION, UN ALTRO SCENARIO È LA PRESENZA CONTEMPORANEA DI TRE CAMION DI RIFORNIMENTI E DI UN CAMION CON UN' ORDINE DA EVADERE E GLI AGENTI SI RIPARTISCONO UN PO' A SCARICARE LE MERCI IN ARRIVO E UN PO' A CARICARE IL CAMION IN PARTENZA, UN ALTRO SCENARIO ANCORA È CHE NON CI SIANO NÉ RIFORNIMENTI IN ARRIVO, NÉ ORDINI DA EVADERE, IN TAL CASO GLI AGENTI OZIANO.

CON LA COSTRUZIONE DI QUESTO SISTEMA MULTIAGENTE SI INTENDE METTERE A FUOCO ALCUNE DELLE PROPRIETÀ DEI S.M.A.² CHE SONO STATE TRATTATE DURANTE IL CORSO. NELLA FATTISPECIE:

- L' **AUTONOMIA** È OVVIA, GLI AGENTI NON DEVONO NECESSITARE DI QUALCUNO CHE LI COMANDI E CHE DICA LORO COME SCARICARE, COME CARICARE, COME DEPOSITARE, COME MUOVERSI...

- L' **AMBIENTE**: L' AMBIENTE IN SÉ NON È UNA PROPRIETÀ DEGLI AGENTI, SONO GLI AGENTI CHE OPERANO IN UN CERTO AMBIENTE. NEL CASO PROPOSTO NON È POSSIBILE DARE PER SCONTATO L' AMBIENTE, SARÀ NECESSARIO COSTRUIRLO

- **SITUATEDNESS**: GLI AGENTI SONO CONSCI DELL' AMBIENTE IN CUI OPERANO, SANNO DOVE SI TROVANO IN QUELL' AMBIENTE E COSA DEVONO FARE (CARICARE X, Y E Z E SCARICARE T E Q, REPERIRE E DEPOSITARE LE MERCI NEI POSTI P1, P2, ... , PN) E PER POTERSI COORDINARE NEGLI SPOSTAMENTI HANNO UNA CERTA CAPACITÀ PERCETTIVA, PERCEPIRE GLI SCAFFALI E PERCEPIRE I CORRIDOI IN CUI MUOVERSI, PERCEPENDO ANCHE LA PRESENZA DI SIMILI (ALTRI AGENTI) PER POTER ATTUARE DEI COMPORTAMENTI PER NON INTRALCIARSI.

- **REATTIVITÀ**: L' AMBIENTE IN CUI SI MUOVONO È IL MAGAZZINO CON I SUOI SCAFFALI, E CON DELLE BAIE DI CARICO E SCARICO DA CUI ARRIVANO E PARTONO I CAMION E GLI EVENTI CHE L' AMBIENTE GENERA FONDAMENTALMENTE SONO DI DUE TIPI: L' ARRIVO DI CAMION DI RIFORNIMENTI DA SCARICARE E L' ARRIVO DI CAMION A CUI È ASSOCIATO UN ORDINE DA EVADERE E CHE VANNO CARICATI CON LE MERCI PRESENTI. SARÀ NECESSARIO REAGIRE ALLA PRESENZA DI VEICOLI...

- **COORDINAZIONE**: DI TRE TIPI, QUELLA NEL MOVIMENTO, EVITARE DI SCHIANTARSI L' UNO CONTRO L' ALTRO, EVITARE IL PIÙ POSSIBILE DI INTRALCIARSI A VICENDA NELLE MANOVRE, POI C' È LA COORDINAZIONE INTESA COME DISTRIBUZIONE DEL LAVORO, SE C' È UN CAMION DA SCARICARE E CI SONO TRE AGENTI, LAVORANO TUTTI E TRE RIPARTENDOSI I COMPITI, NON LAVORA SOLO UNO E INFINE C' È LA COORDINAZIONE NELL' ACCESSO AGLI SCAFFALI, SE AD ESEMPIO UN AGENTE DECIDE DI DEPOSITARE UN PALLET IN UNA POSIZIONE BEN SPECIFICA NESSUN ALTRO AGENTE DOVRÀ OCCUPARGLIELA.

- **INTELLIGENZA**: SI TRATTA PER LO PIÙ DI UNA INTELLIGENZA CHE EMERGE DALLA COORDINAZIONE, IL FATTO CHE NON SI DEBBANO SCHIANTARE TRA LORO DURANTE LE MANOVRE È UNA QUESTIONE SIA DI COORDINAZIONE SIA DI INTELLIGENZA. LA DECISIONE DELLO STOCCAGGIO È DINAMICA, NON STATICA, NON CI SONO POSTI PRE-ASSEGNATI PER I VARI TIPI DI MERCI, QUESTO SIGNIFICA CHE GLI AGENTI DEVONO SAPERE DOVE REPERIRE COSA UNA VOLTA DEPOSITATE LE VARIE MERCI. UNA POSSIBILITÀ È ATTRAVERSO L' USO DI UN ARTEFATTO, UNA SPECIE DI DATABASE CONDIVISO TRA I VARI AGENTI CHE TENGA TRACCIA DELLE SINGOLE POSIZIONI DEGLI SCAFFALI E AL QUALE GLI AGENTI ACCEDONO IN MUTUA ESCLUSIONE. QUESTO POTREBBE SEMBRARE UN COLLO DI BOTTIGLIA, MA IN REALTÀ NON LO È PER DUE MOTIVI: IL PRIMO È CHE PER QUANTO GRANDE UN MAGAZZINO POSSA ESSERE NON AVRÀ MAI COSÌ TANTI ROBOT – DI FATTO LA MAPPATURA DEGLI AGENTI È UNO A UNO SUI ROBOT CHE CARICANO E SCARICANO – DA SATURARE GLI ACCESSI AL DB E RALLENTARE TUTTO E IL SECONDO È CHE LE OPERAZIONI SU QUESTO DB SONO (O DEVONO ESSERE!) PIUTTOSTO PICCOLE E VELOCI: QUANDO È NECESSARIO SCARICARE UN PALLET DA UN VEICOLO L' AGENTE USA IL DB PER

² Sistema Multi Agente, o anche MAS, dall' inglese Multi Agent System

TROVARE UNA POSIZIONE LIBERA SU UNO SCAFFALE E LA PRENOTA PER IL PALLET CHE HA SCARICATO, QUINDI TUTTI GLI ALTRI AGENTI QUELLA POSIZIONE LA VEDRANNO OCCUPATA, QUANDO IL PALLET VIENE EFFETTIVAMENTE DEPOSITATO IN QUELLA POSIZIONE L' AGENTE CAMBIA LA PRENOTAZIONE IN OCCUPAZIONE EFFETTIVA, QUANDO UN AGENTE VUOLE PRELEVARE UN OGGETTO DA CARICARE SU UN VEICOLO SI COLLEGA AL DB, TROVA UNA POSIZIONE IN CUI UN CERTO TIPO DI OGGETTI È STOCCATO E PRENOTA LA POSIZIONE, COSÌ NESSUN ALTRO ANDRÀ A PRENDERE OGGETTI LÌ E QUANDO EFFETTIVAMENTE PRELEVA L' OGGETTO SI COLLEGA AL DB E LIBERA QUELLA POSIZIONE.

- **USO DI ARTEFATTI:** GLI SCAFFALI SONO ARTEFATTI FISICI E IL LORO UTILIZZO È OVVIO. POI, SEGUENDO L' IPOTESI PRESA IN CONSIDERAZIONE AL PUNTO SOPRA, C' È IL DB PER COORDINARE L' ACCESSO AGLI SCAFFALI, CHE È STATO DESCRITTO A GRANDI LINEE. UN ALTRO ARTEFATTO POSSIBILE È L' ORDINE ASSOCIATO AL CAMION IN PARTENZA DA CARICARE, È UNA LISTA DI TUTTE LE MERCI NECESSARIE E DELLE RELATIVE QUANTITÀ. CAMION DI RIFORNIMENTI IN INGRESSO NON NECESSITANO DI ARTEFATTI. ALTRO ARTEFATTO, DI NATURA FISICA, È LA MERCE, LA NOSTRA UNITÀ NON È IL SINGOLO OGGETTINO, MA È IL PALLET. È UTILE POTER RILEVARE IL TIPO DI MERCE, QUINDI OGNI PALLET PORTA L' INFORMAZIONE SUL TIPO (IN MANIERA ANALOGA A COME GLI SCATOLONI HANNO UN' ETICHETTA BEN VISIBILE CON SCRITTO "ALIMENTARI" O "PORCELLANE" O "COMPUTER" COSÌ LE PERSONE CHE SCARICANO NON DEVONO APRIRE LO SCATOLONE PER VEDERE COSA C' È DENTRO MA LO SANNO DALL' ETICHETTA, IL "TIPO" DEL PALLET HA ESATTAMENTE QUESTA FUNZIONE PER GLI AGENTI, RECA QUESTO GENERE DI INFORMAZIONE, IN MODO CHE, QUANDO È NECESSARIO CARICARE UN CAMION BASTA ACCEDERE AL DB E CERCARE DOVE SI TROVANO OGGETTI DI QUEL TIPO). UN ALTRO ARTEFATTO CHE VIENE UTILIZZATO ALL' INTERNO DELL' ELABORATO PROPOSTO È UNA SPECIE DI PICCOLO NAVIGATORE, CON IL QUALE È POSSIBILE STABILIRE DELLE ROTTE PER AVERE DEGLI SPOSTAMENTI PIÙ INTELLGENTI RISPETTO AL VAGARE A CASO. GLI ARTEFATTI QUI ACCENNATI SARANNO DESCRITTI MEGLIO IN UNA SEZIONE SUCCESSIVA.

JAVA AGENT MIDDLEWARE

IL MIDDLEWARE SCELTO PER SVILUPPARE IL S.M.A. PRESENTATO È IL JAVA AGENT MIDDLEWARE O JAM.

JAM È STATO SCELTO PER VIA DI ALCUNE SUE CARATTERISTICHE CHE LO RENDONO PECULIARE E INTERESSANTE, OLTRE CHE PIACEVOLE DA USARE.

- **SEMPLICITÀ, ESSENZIALITÀ, LEGGEREZZA E COMPATTEZZA:** JAM OFFRE UN SET RISTRETTO DI CONCETTI BASILARI PIUTTOSTO SEMPLICI DA COMPRENDERE E GARANTISCE UNA POSSIBILITÀ DI ESTENSIONE PRESSOCHÈ UNIVERSALE. INOLTRE L' IMPLEMENTAZIONE È COSTITUITA DA POCHE CLASSI, OFFRENDO UN PRODOTTO ESTREMAMENTE LEGGERO IN FASE DI ESECUZIONE, CAPACE DI FUNZIONARE AGILMENTE ANCHE SU HARDWARE MOLTO LIMITATI.

- **POSSIBILITÀ DI SVILUPPARE AGENTI ALTAMENTE CUSTOMIZZATI:** È IL RISVOLTO DEL PUNTO PRECEDENTE, DISPONENDO DI UN INSIEME CONCETTUALE RISTRETTO E MOLTO BASILARE, È POSSIBILE ESTENDERLI NELLA MANIERA PIÙ PERSONALIZZATA CHE SI DESIDERA. QUESTO LO RENDE MOLTO FLESSIBILE.

- **È NECESSARIO COSTRUIRE DA ZERO L' AMBIENTE:** QUESTA È FORSE LA PIÙ GRANDE LIMITAZIONE DI JAM, IL QUALE NON CONTEMPLA UNA DEFINIZIONE PROPRIA DI AMBIENTE. QUESTO FA SÌ CHE SIA NECESSARIO DEFINIRE E COSTRUIRE ESPLICITAMENTE L' AMBIENTE DI RIFERIMENTO (COME NEL CASO DELL' ELABORATO PRESENTATO, NEL QUALE È STATO NECESSARIO DEL LAVORO EXTRA PER MODELLARE IL MAGAZZINO). IL RISVOLTO POSITIVO DI CIÒ È CHE DOVE È NECESSARIA UN' ESPLICITA COSTRUZIONE DELL' AMBIENTE, È POSSIBILE FARLO NELLA MANIERA CHE SI DESIDERA O CHE SI RITIENE UTILE, SENZA ALCUN VINCOLO IMPOSTO (IN QUESTO CASO UNA LIMITAZIONE DIVENTA UNA POSSIBILITÀ).

- **IL FOCUS È SUL COMPORTAMENTO:** LO SVILUPPO DI AGENTI JAM SI CONCRETIZZA NELLO SVILUPPO DEI SUOI BEHAVIOUR, SI TRATTA PERTANTO DI UN MIDDLEWARE PARTICOLARMENTE INDICATO NEL

MOMENTO IN CUI INTERESSA AVERE UNA RAPIDA PROTOTIPAZIONE DI UN SISTEMA AD AGENTI O INTERESSA ARRIVARE SUBITO AD UN RISULTATO FUNZIONANTE.

ANALISI

DAL MOMENTO CHE SI INTENDE COSTRUIRE UNA SIMULAZIONE DI UN MAGAZZINO AUTOMATIZZATO È NECESSARIO DEFINIRE LE PARTI PRINCIPALI CHE ANDRANNO A COSTITUIRE IL SISTEMA FINALE.

PER PRIMA COSA È NECESSARIO DEFINIRE L' AMBIENTE MAGAZZINO. GLI ASPETTI FONDAMENTALI DA PRENDERE IN CONSIDERAZIONE, IN BASE A QUANTO DETTO NELLE SEZIONI INIZIALI DI QUESTO DOCUMENTO, SONO LA DEFINIZIONE DEGLI SCAFFALI, DI COME QUESTI SONO COLLOCATI ALL' INTERNO DEL MAGAZZINO, DELLE MERCI E DI COME QUESTE ARRIVANO, SONO MOVIMENTATE ED ESCONO DAL MAGAZZINO STESSO.

SUCCESSIVAMENTE SARÀ POSSIBILE DEFINIRE GLI AGENTI CHE DOVRANNO OPERARE ALL' INTERNO DEL MAGAZZINO.

Scaffale
- <code>posizione: Posizione</code> - <code>posti_pallet_altezza: int</code> - <code>posti_pallet_base: int</code>

ATTRAVERSO LE BAIE DI CARICO E SCARICO LE MERCI ARRIVANO ED ESCONO DAL MAGAZZINO TRAMITE DEI VEICOLI. LE BAIE DI CARICO NE COSTITUISCONO L' INTERFACCIAMENTO VERSO L' ESTERNO. LE MERCI IN INGRESSO POSSONO ESSERE MODELLATE ATTRAVERSO IL CONCETTO DI RIFORNIMENTO, CHE ALTRO NON È CHE UN INSIEME DI MERCI. TUTTO CIÒ CHE INTERESSA SAPERE PER QUANTO RIGUARDA UNA MERCE È DI COSA SI TRATTI, PERTANTO NON È NECESSARIA UNA DEFINIZIONE ESPLICITA DELLE MERCI.

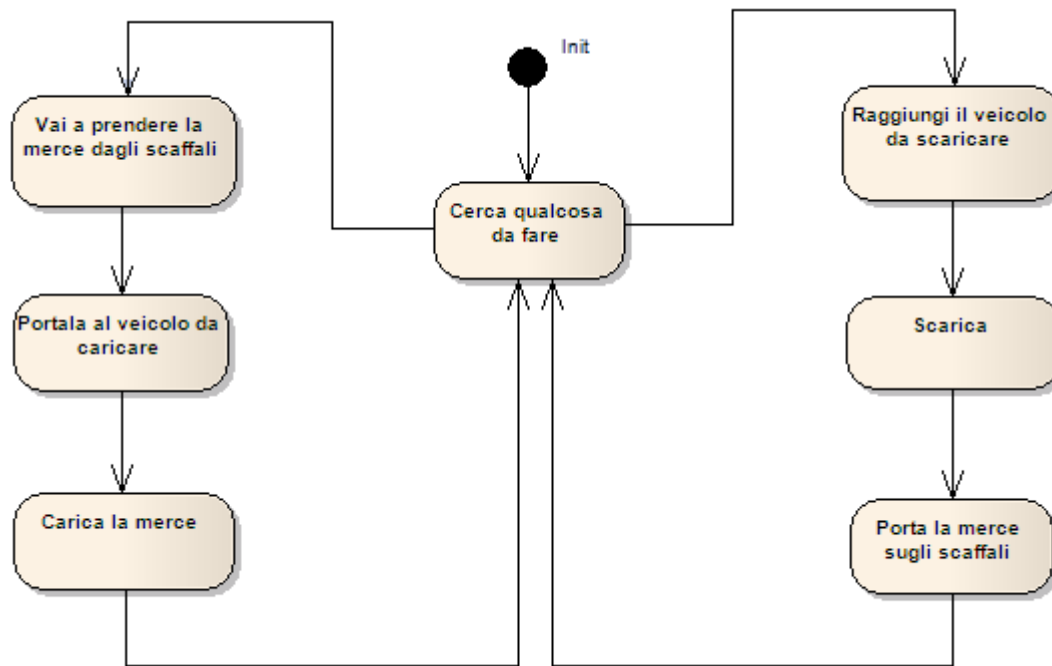
PER QUANTO RIGUARDA LE USCITE DI MERCI È NECESSARIO CHE SIANO RICHIESTE. UNA SPEDIZIONE VIENE PREPARATA SOLO SE C' È UN' ORDINE, UNA RICHIESTA, DI MERCI. DAL MOMENTO CHE UN ORDINE VIENE USATO PER PREPARARE UNA SPEDIZIONE, È POSSIBILE AFFERMARE CHE UN ORDINE COSTITUISCE UN ARTEFATTO.

Baia
- <code>posizione: Posizione</code>

Rifornimento
- <code>merci: String[]</code>

Ordine
- <code>merci: String[]</code>

GLI AGENTI MAGAZZINIERI SONO LE ENTITÀ ATTIVE DEL SISTEMA. A QUESTO LIVELLO DI ANALISI NON C' È MOTIVO PER EFFETTUARE UNA PARTICOLARE DECOMPOSIZIONE. L' ASPETTO PIÙ INTERESSANTE DEGLI AGENTI, INOLTRE, NON È QUELLO STRUTTURALE, MA QUELLO COMPORTAMENTALE. UNA PRIMA DEFINIZIONE PUÒ ESSERE QUELLA INDICATA NEL DIAGRAMMA DI SEGUITO RIPORTATO:



L' ILLUSTRAZIONE INDICA CHE UN AGENTE SI METTE ALLA RICERCA DI QUALCOSA DA FARE. SE È RICHIESTO DI SCARICARE UN PALLET DI RIFORNIMENTI IN ARRIVO (RAMO DI DESTRA) SI SPOSTA FINO A RAGGIUNGERE IL VEICOLO, PRELEVA LA MERCE E LA PORTA SU UNO SCAFFALE. SE INVECE È RICHIESTO DI CARICARE UN PALLET DI UNA MERCE PER LA PREPARAZIONE DI UNA SPEDIZIONE DOVRÀ SPOSTARSI FINO A RAGGIUNGERE LA MERCE IN QUESTIONE (CHE SI TROVA SU UNO SCAFFALE), PRELEVARLA, RAGGIUNGERE IL VEICOLO DA CARICARE E DEPOSITARVI DENTRO LA MERCE (RAMO DI SINISTRA).

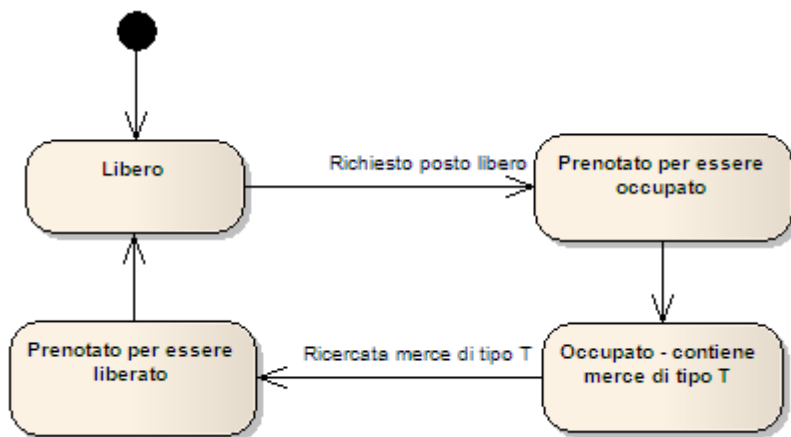
VA INFINE PRECISATO UN ASPETTO LEGATO ALLA DEFINIZIONE FIN QUI DATA DELL' AMBIENTE. INFATTI È STATA DEFINITA SOLO PARTE STRUTTURALE. TUTTAVIA VI SONO EVENTI CHE ACCODONO, EVENTI QUALI L' ARRIVO DI VEICOLI DA SCARICARE O LA DISPONIBILITÀ DI ORDINI PER PREPARARE UNA SPEDIZIONE DI MERCI CHE ANDREBBERO INCLUSI MA CHE CON QUESTA DEFINIZIONE NON È POSSIBILE FARE. SI TRATTA IN SOSTANZA DI ANIMARE L' AMBIENTE, RENDERLO "VIVO". IN QUESTA FASE NON AGGIUNGIAMO ANCORA NULLA, CI LIMITIAMO SOLTANTO A PORRE IL PROBLEMA, CHE ANDRÀ POI AFFRONTATO IN SEGUITO.

PROGETTAZIONE

PER QUANTO RIGURADA L' AMBIENTE, LA PRECEDENTE FASE DI ANALISI HA PORTATO A DEFINIRE DELLE SPECIFICHE STRUTTURALI SULL' AMBIENTE CHE SONO VINCOLANTI (I MAGAZZINI SONO FATTI COSÌ, È UN DATO DI FATTO!). RIMANE INVECE APERTO IL PROBLEMA DEGLI EVENTI. INTRODUCIAMO PERTANTO UN GENERATORE DI EVENTI ATTRAVERSO IL QUALE SIMULARE QUESTO ASPETTO "COMPORTAMENTALE" DELL' AMBIENTE STESSO. SCOPO DEL GENERATORE DI EVENTI È QUELLO DI FARE IN MODO CHE "OGNI TANTO" ARRIVINO DEI VEICOLI DA CARICARE O SCARICARE PRESSO UNA DELLE BAIE PRESENTI AL MAGAZZINO.

PER QUANTO RIGUARDA GLI AGENTI CI SI RENDE CONTO CHE ESISTONO DEI PROBLEMI DI COORDINAZIONE: AD ESEMPIO NON SI DEVONO INTRALCIARE NÉ TANTO MENO SCONTRARSI DURANTE GLI SPOSTAMENTI IN MAGAZZINO OPPURE SI DEVONO EVITARE POSSIBILI INTERFERENZE QUANDO VANNO A PRELEVARE O DEPOSITARE MERCI AGLI SCAFFALI. IL PROBLEMA DELLE INTERFERENZE PUÒ ESSERE RISOLTO TRAMITE UN ARTEFATTO AD HOC, UN DATABASE AL QUALE GLI AGENTI STESSI SONO CAPACI DI CONNETTERSI E CHE ORGANIZZI L' UTILIZZO DEGLI SCAFFALI. IN PARTICOLARE IL DATABASE TRACCIA L' USO DEI VARI POSTI PALLET DEGLI SCAFFALI REGISTRANDO IL TIPO DI MERCE

STOCCATA E METTE IN CAMPO UN MECCANISMO PER EVITARE CHE DUE O PIÙ AGENTI INSISTANO SULLO STESSO POSTO PALLET. L' IDEA È LA SEGUENTE: SI SUPPONGA CHE OGNI POSTO PALLET SIA INIZIALMENTE VUOTO. AD UN CERTO PUNTO UN VEICOLO PORTA DEI RIFORNIMENTI. OGNI AGENTE CHE PRELEVA UN PALLET DEVE CERCARE GRAZIE AL DATABASE UN POSTO PALLET SU UNO SCAFFALE PRESSO CUI ANDARE A DEPOSITARE QUANTO PRELEVATO. AL PRIMO AGENTE VERRÀ INDICATO UN POSTO PALLET, AL SECONDO AGENTE UN POSTO PALLET DIVERSO E COSÌ VIA. OGNI VOLTA CHE UN AGENTE CHE PRELEVA DA UN VEICOLO RICHIEDE UN POSTO PALLET, TALE POSIZIONE VIENE CONTRASSEGNAZIONE COME PRENOTATA PER ESSERE OCCUPATA E IN QUESTO MODO SUCCESSIVE RICHIESTE DI POSTI PALLET DARANNO COME RISULTATO POSIZIONI DIVERSE. RICHIEDENDO UN POSTO PALLET LIBERO, L' AGENTE SAPRÀ DOVE DIRIGERSI. RAGGIUNTO IL PUNTO DEPOSITA LA MERCE SULLO SCAFFALE AL POSTO INDICATO E NOTIFICA AL DATABASE DI AVER COMPLETATO L' OPERAZIONE. GLI AGENTI HANNO INOLTRE LA CAPACITÀ DI RILEVARE IL TIPO DI MERCE CONTENUTA NEL PALLET (ALL' ESTERNO DEGLI IMBALLAGGI SONO POSTE DELLE TARGE ADESIVE, BASTA INDIVIDUARLE E LEGGERLE) PER CUI POSSONO ANCHE "REGISTRARE" IL TIPO DI MERCE CHE HANNO SCARICATO E DEPOSITATO. QUESTO È UTILE PER PREPARARE LE SPEDIZIONI: SAPENDO CHE UNA DETERMINATA MERCE È RICHIESTA, GRAZIE AL DATABASE SI CERCA UN POSTO PALLET PRESSO SU CUI SIA STOCCATA LA MERCE RICHIESTA. TALE POSTO VIENE PRENOTATO DALL' AGENTE CHE HA EFFETTUATO LA RICHIESTA, PERTANTO NESSUN ALTRO POTRÀ PRENDERLO IN CONSIDERAZIONE. QUANDO L' AGENTE RAGGIUNGE IL POSTO PALLET PRESSO CUI PRELEVARE LA MERCE RICHIESTA NOTIFICA AL DATABASE L' AVVENUTO PRELIEVO (E SI DIRIGE POI VERSO IL VEICOLO DA CARICARE CON TALE MERCE). OGNI POSTO PALLET DI OGNI SCAFFALE SARÀ GESTITO E TRACCIATO DAL DATABASE SECONDO IL SEGUENTE CICLO DI VITA:

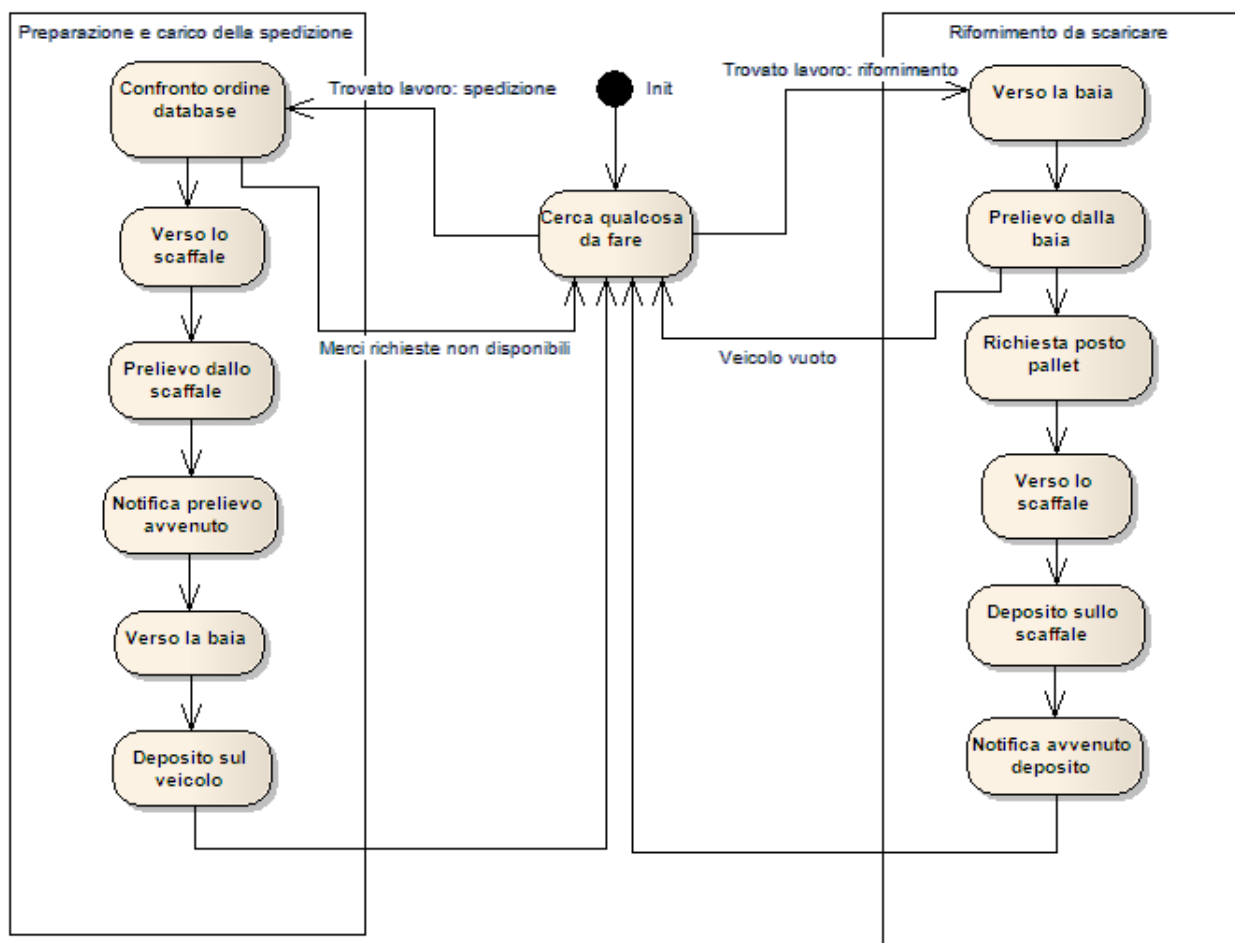


PER EVITARE POI CHE I ROBOT FACCIANO DANNI ALL' INTERNO DEL MAGAZZINO È NECESSARIO CHE NON SI SCHIANTINO CONTRO LE PARETI, NÉ CONTRO GLI SCAFFALI (E QUESTO POTREBBE CAUSARE DANNI INGENTI!), NÉ TRA DI LORO. DOVRANNO QUINDI ESSERE DOTATI DI ALCUNI SENSORI, IN GRADO DI RILEVARE LA PROSSIMITÀ DI OSTACOLI. PER STABILIRE POI COME SPOSTARSI ALL' INTERNO DEL MAGAZZINO SI DECIDE DI ADOTTARE UNA SOLUZIONE SIMILE AD UN GPS, UN NAVIGATORE DA MAGAZZINO. DATABASE PER GLI SCAFFALI E NAVIGATORE SONO DUE ARTEFATTI CHE VENGONO INTRODOTTI PER COORDINARE E FACILITARE IL LAVORO DEGLI AGENTI.

UN TERZO ARTEFATTO È QUELLO UTILIZZATO PER GESTIRE LE SPEDIZIONI: SI TRATTA DEGLI ORDINI, GIÀ DEFINITI NELLA PRECEDENTE FASE ANALITICA. IN QUESTA FASE È STATO DECISO DI SPEZZARE EVENTUALI ORDINI CHE PREVEDESSERO DI CARICARE PIÙ VEICOLI IN DIVERSI ORDINI CIASCUNO RIGUARDANTE UN SOLO VEICOLO E ASSOCIARE UN ORDINE AD UN VEICOLO, CHE PER L' ESATTEZZA SI TROVERÀ IN ATTESA DI ESSERE CARICATO ALLA BAIÀ DI CARICO SPECIFICATA. IL MOTIVO DI QUESTA DIVISIONE È CHE SPESSO NEL SETTORE DELLA LOGISTICA, SOPRATTUTTO PER IL TRUCKLOAD, PRIMA DI CARICARE EFFETTIVAMENTE LE MERCI SUI VEICOLI SI USANO DEI SOFTWARE DI OTTIMIZZAZIONE CHE CERCANO DI RIDURRE AL MINIMO LO SPAZIO OCCUPATO E DI CONSEGUENZA IL NUMERO DI VEICOLI DA USARE (SI PENSI AL PROBLEMA DEL *BIN PACKING*). QUINDI L' IDEA È CHE UN CERTO ALGORITMO DI OTTIMIZZAZIONE ABBAIA GIÀ STABILITO QUANTI CAMION SONO NECESSARI E QUALI MERCI – IN GERGO BIN – VADANO CARICATI SUI DIVERSI CAMION DA USARE. IN OGNI ORDINE SONO ELENCAE LE MERCI

DA CARICARE E, COME UNA LISTA DI OBIETTIVI SU FOGLIO DI CARTA IN CUI, OGNI VOLTA CHE SI RAGGIUNGE UN OBIETTIVO CI SI METTE UN SEGNO DI SPUNTA DAVANTI, OGNI VOLTA CHE SI CARICA UNA COSA GLI AGENTI LO REGISTRANO, PER EVITARE DI CARICARE TROPPE COSE DI UN TIPO O DI DIMENTICARE QUALCOSA. INFATTI, COME PRECEDENTEMENTE SPECIFICATO, L'UTILITÀ DI UN SISTEMA AUTOMATIZZATO PER IL CARICO DEI VEICOLI IN USCITA, OLTRE A RIDURRE IL LAVORO UMANO, È ANCHE QUELLA DI RIDURRE I SOLITI ERRORI CHE SI FANNO NEL CARICARE LE COSE E PER I QUALI È NECESSARIO UN INVENTARIO PERIODICO PER STABILIRE COSA È EFFETTIVAMENTE PRESENTE IN MAGAZZINO (A VOLTE SI DIMENTICA QUALCOSA ED È NECESSARIO SPEDIRLA A PARTE CON UN AGGRAVIO DI COSTO, A VOLTE SI SPEDISCONO COSE SUPERFLUE CHE DIFFICILMENTE TORNERANNO INDIETRO E CIÒ INFLUISCE SUI COSTI, ...)

ALLA LUCE DI QUANTO SPECIFICATO FINO A QUI È POSSIBILE DETTAGLIARE MAGGIORMENTE IL COMPORTAMENTO DEGLI AGENTI COME SEGUE:



COME SI PUÒ NOTARE, SI TRATTA DI UNA MAGGIOR DETTAGLIAZIONE DEL DIAGRAMMA PRECEDENTEMENTE DEFINITO IN FASE DI ANALISI, E ORA SI TIENE CONTO DELLA PRESENZA DEL NUOVO DATABASE PER LA GESTIONE DEGLI SCAFFALI (IN PARTICOLARE NEL RAMO DI DESTRA IL DATABASE VIENE USATO PRIMA PER RICHIEDERE UN POSTO PALLER LIBERO E POI PER NOTIFICARE DI AVER DEPOSITATO LA MERCE AL POSTO PALLET CHE GLI ERA STATO INDICATO, MENTRE NEL RAMO DI SINISTRA IL CONFRONTO TRA LE MERCI RICHIESTE ELENCAE NELL' ORDINE E LE MERCI PRESENTI IN MAGAZZINO REGISTRAE NEL DATABASE PERMETTE DI TROVARE UN POSTO PALLET PRESSO CUI DIRIGERSI PER ANDARE A PRELEVARE LA RICHIESTA (DA NOTARE CHE SE NESSUNA RICHIESTA È DISPONIBILE L' AGENTE CERCHERÀ UN ALTRO LAVORO) E SUCCESSIVAMENTE PERMETTE DI NOTIFICARE DI AVER PRELEVATO LA MERCE INDICATA). DA NOTARE INOLTRE CHE NON È NECESSARIO AVER CARICATO O SCARICATO COMPLETAMENTE UN VEICOLO PER CERCARE UN NUOVO LAVORO: L'

UNITÀ DI MISURA ATOMICA DEL LAVORO NON È IL VEICOLO MA IL PALLET, IL CHE POTREBBE PURE PERMETTERE DI SCARICARE UN PALLET DA UN VEICOLO, PORTARLO AGLI SCAFFALI E, INVECE CHE FARE IL VIAGGIO DI RITORNO A VUOTO, CONTROLLARE SE È POSSIBILE CARICARE UN VEICOLO, RECUPERARE UN PALLET E PORTARLO DOVE RICHIESTO, AUMENTANDO L' EFFICIENZA GLOBALE. POSSIAMO SPECIFICARE DELLE NOTE AGGIUNTIVE: LA RICERCA DEL LAVORO PUÒ AVVENIRE IN DIVERSI MODI POSSIBILI:

- POTREBBE AD ESEMPIO SCANSIONARE CICLICAMENTE LE BAIE AD UNA AD UNA E PRENDERE SEMPRE IL PRIMO LAVORO DISPONIBILE, SENZA CURARSI DEL FATTO CHE POSSANO ESSERCI ALTRI LAVORI A MAGGIOR PRIORITÀ. NON SOLO: SE ALLA PRIMA BAIA TROVASSE COME LAVORO CARICARE UNA MERCE ATTUALMENTE NON PRESENTE SUGLI SCAFFALI DEL MAGAZZINO MA DENTRO UN VEICOLO DA SCARICARE IN SOSTA PRESSO UN' ALTRA BAIA ("PRIMA BAIA" E "ALTRA BAIA" SONO RIFERITI ALL' ORDINE DI SCANSIONE CICLICA) CIÒ CAUSEREBBE UN DEADLOCK! QUESTA POLITICA NON È QUINDI LA MIGLIORE...

- PER LE STESSE RAGIONI CERCARE DI PORTARE A TERMINE SEMPRE IL LAVORO PIÙ IMPORTANTE NON È UNA BUONA POLITICA, LA QUALE POTREBBE INOLTRE CAUSARE TEMPI DI ATTESA MOLTO LUNGI PER LAVORI A BASSA PRIORITÀ...

- DAL MOMENTO CHE LE POLITICHE STRETTAMENTE DETERMINISTICHE DI RICERCA DEL LAVORO SOFFRONO DI MALFUNZIONAMENTI PERCHÉ NON AVVALERSI DI UNA POLITICA STOCASTICA? QUESTA È INFATTI LA SOLUZIONE ADOTTATA: SI EFFETTUA SEMPLICEMENTE UNA SCELTA CASUALE IN CUI LA PROBABILITÀ NON È UNIFORMEMENTE DISTRIBUITA, MA AD OGNI BAIA PRESSO CUI È IN SOSTA UN VEICOLO È ASSEGNATO UN VALORE DI PROBABILITÀ PROPORZIONATO ALLA PRIORITÀ DEL LAVORO E LA SOMMA DI TUTTE LE PROBABILITÀ FA 1. QUESTO PERMETTE SIA DI SUPERARE I PROBLEMI DEI CASI PRECEDENTI, SIA DI DISTRIBUIRE IL LAVORO TRA I VARI AGENTI IN BASE ALLA PRIORITÀ.

UN ALTRO PUNTO DA APPROFONDIRE È COME AVVIENE LA COORDINAZIONE DURANTE GLI SPOSTAMENTI. COME FANNO GLI AGENTI AD EVITARSI? L' IDEA È DI SFRUTTARE I SENSORI DI PROSSIMITÀ PER CAPIRE QUANDO PUÒ ESSERCI UN RISCHIO DI COLLISIONE: QUANDO DUE AGENTI IN MOVIMENTO SI RILEVANO RECIPROCAMENTE SI SCAMBIANO DELLE INFORMAZIONI SULLA RECIPROCA DESTINAZIONE. A QUESTO PUNTO OGNUNO ATTUA LO STESSO PROTOCOLLO:

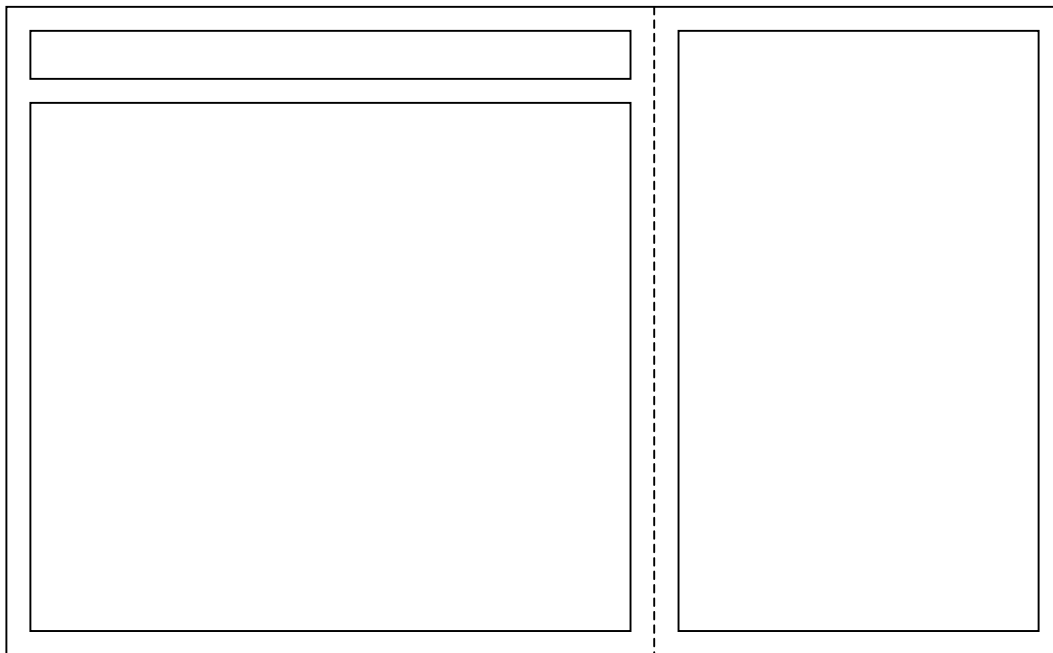
- CALCOLA LA PROPRIA DISTANZA RISPETTO ALLA PROPRIA DESTINAZIONE E RISPETTO ALLA DESTINAZIONE DELL' ALTRO

- SE LA DESTINAZIONE DELL' ALTRO È PIÙ LONTANA DELLA PROPRIA SI FERMA PER UN BREVE PERIODO DI TEMPO (DETTO DIVERSAMENTE SI FERMA CHI SI ACCORGE CHE L' ALTRO DEVE ANDARE PIÙ LONTANO)

- COSÌ È ABBASTANZA PROBABILE CHE L' ALTRO SI ALLONTANI E NON COSTITUISCA PIÙ UN INTRALCIO

TRATTANDOSI DI UNA SIMULAZIONE SI VORREBBE NON SOLO POTER OSSERVARE IL LAVORO DEGLI AGENTI ALL' INTERNO DEL MAGAZZINO, MA ANCHE POTER OSSERVARE COME EVOLVE IL MAGAZZINO STESSO (QUINDI L' UTILIZZO DEGLI SCAFFALI, EVENTUALI VEICOLI PRESENTI ALLE BAIE), IL DATABASE, LO STATO DEGLI AGENTI (COSA STA FACENDO, ECC) E INFINE POTER CONTROLLARE IL GENERATORE DI EVENTI (VEICOLI IN ARRIVO E IN PARTENZA), PER POTER VALUTARE IL COMPORTAMENTO IN DIVERSI SCENARI.

DI SEGUITO SI RIPORTA UNA BOZZA DI UNA POSSIBILE INTERFACCIA GRAFICA...

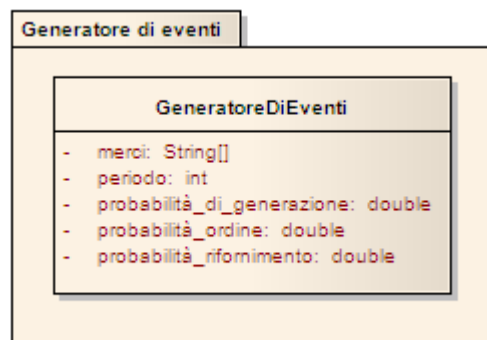
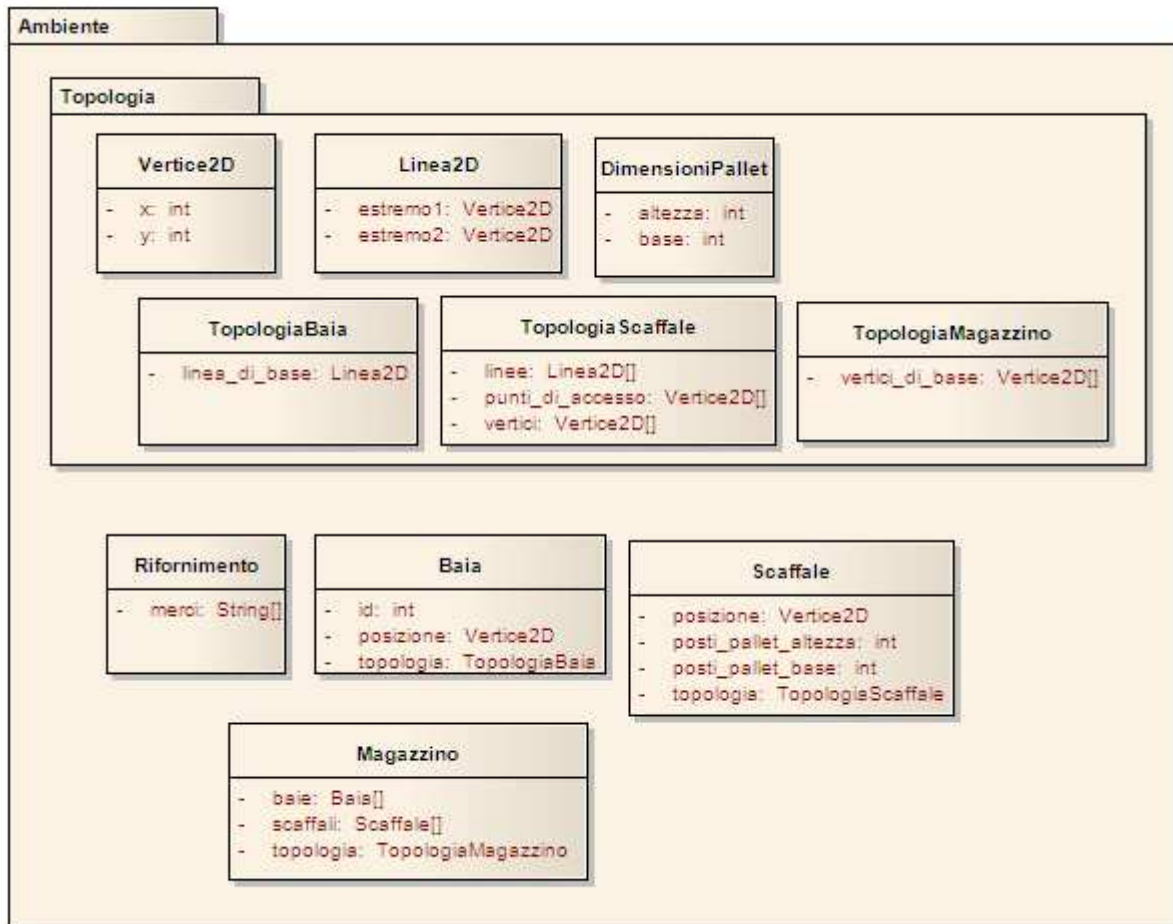


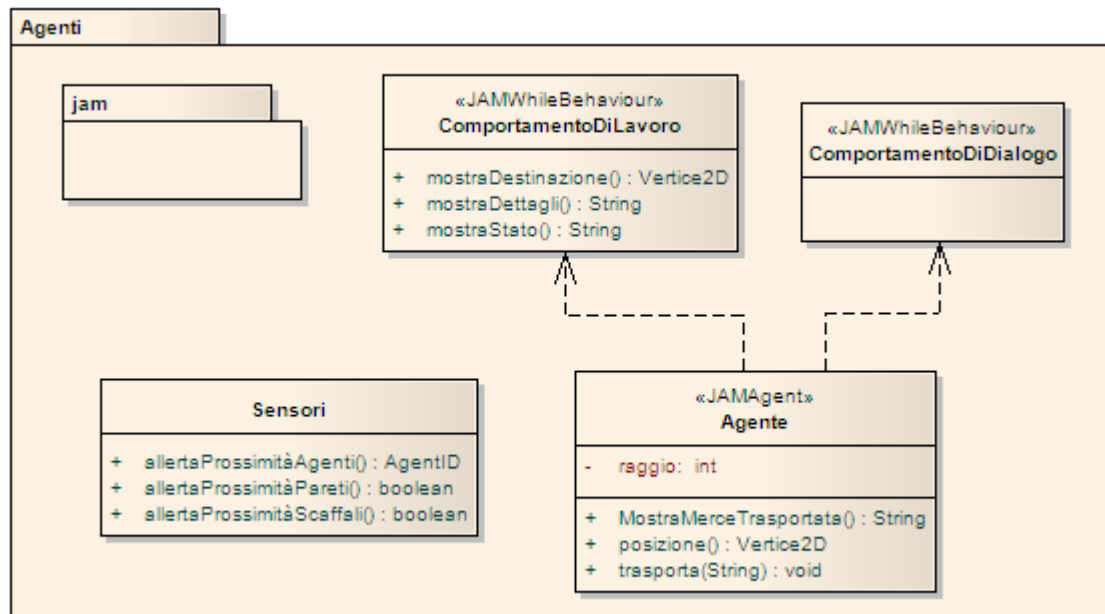
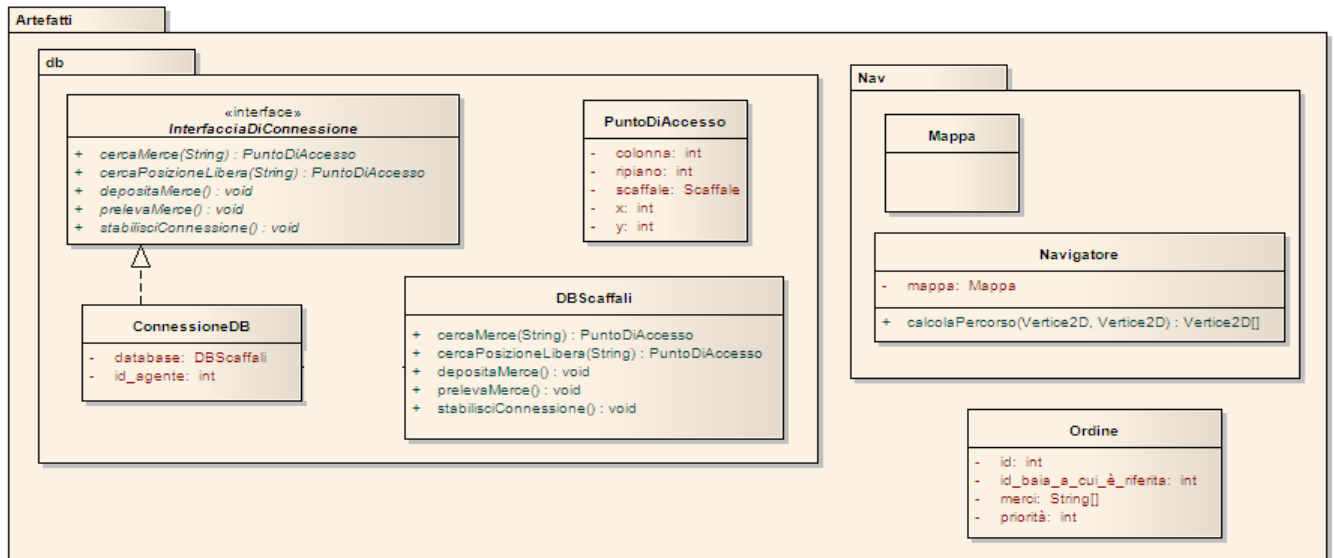
INFATTI SI DESIDERA DISPORRE DI UNA GUI CHE CONSENTA DI MONITORARE COSTANTEMENTE QUELLO CHE ACCADE ALL' INTERNO DEL MAGAZZINO (UNA SORTA DI VISTA DALL' ALTO DEL MAGAZZINO) NELLA SEZIONE PIÙ GRANDE, QUELLA DI SINISTRA. IL RIQUADRO PIÙ GRANDE DOVREBBE POTER FORNIRE UNA VISTA COSTANTE DEL MAGAZZINO (2). DAL MOMENTO CHE VI SONO POI ULTERIORI ASPETTI CHE SI DESIDERA POTER CONTROLLARE (AD ESEMPIO NON SOLO POTER OSSERVARE L' UTILIZZO DEI VARI SCAFFALI NEI DETTAGLI, MA ANCHE POTER AVERE MAGGIORI DETTAGLI SUGLI AGENTI STESSI O POTER CONTROLLARE GLI "EVENTI AMBIENTALI" GENERATI DAL GENERATORE DI EVENTI, ECC) LA PARTE DESTRA (3) DELLA FINESTRA SARÀ RISERVATA A TAL FINE. DAL MOMENTO CHE GLI ASPETTI DA CONTROLLARE SONO TANTI, TROPPI, RISPETTO AD UN RIQUADRO COSÌ PICCOLO, UNA BARRA DEI MENÙ POSTA IN ALTO A SINISTRA (1) DOVREBBE PERMETTERE UN RAPIDO E SEMPLICE CAMBIO, PASSANDO DA UNA VISUALIZZAZIONE AD UN' ALTRA.

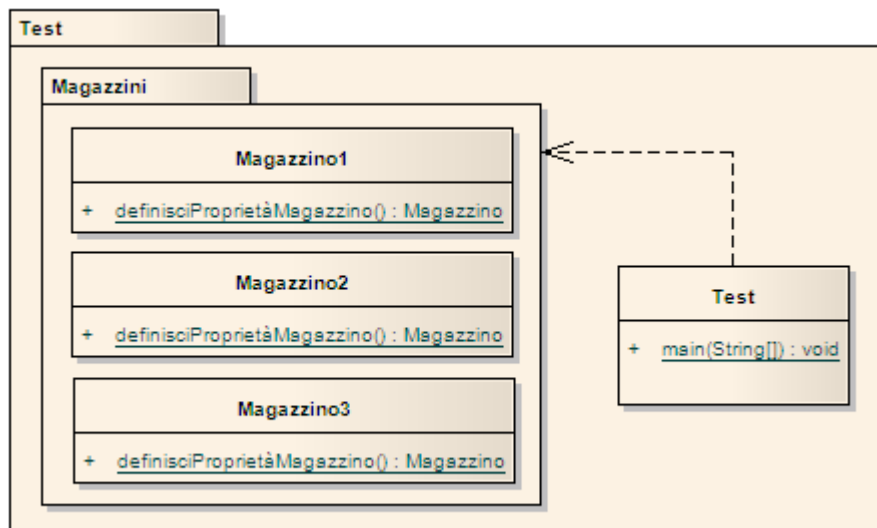
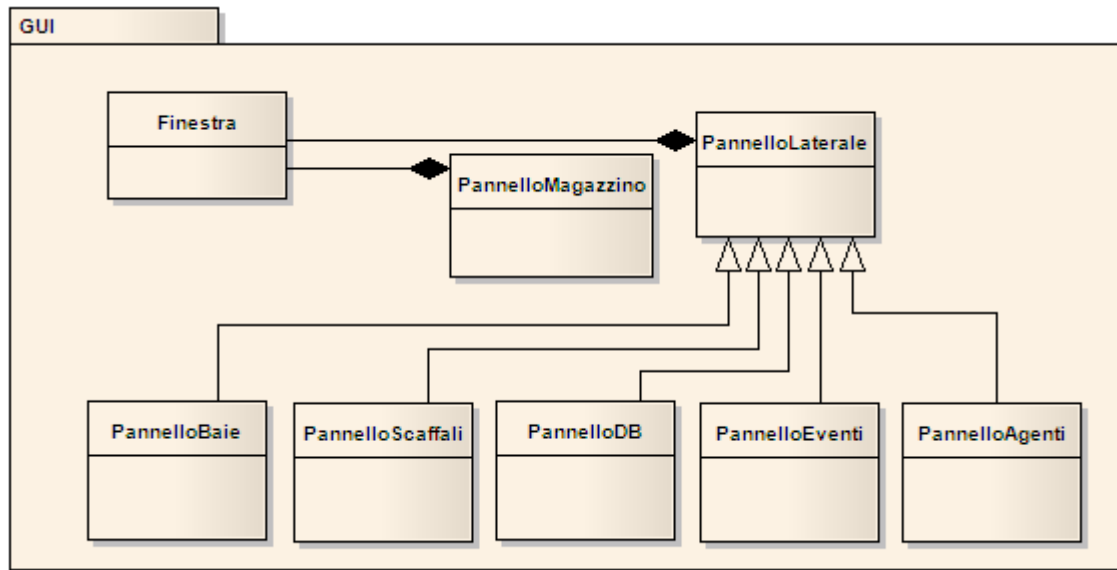
DAL PUNTO DI VISTA STRUTTURALE E AD UN LIVELLO DI ZOOM FOCALIZZATO SUI MACROBLOCCHI È POSSIBILE RAPPRESENTARE L' APPLICAZIONE DA REALIZZARE COME COSTITUITA DALLE PARTI INDICATE NEL DIAGRAMMA SOTTO RIPORTATO.



ZOOMANDO MAGGIORMENTE, LA STRUTTURA FINALE È LA SEGUENTE:







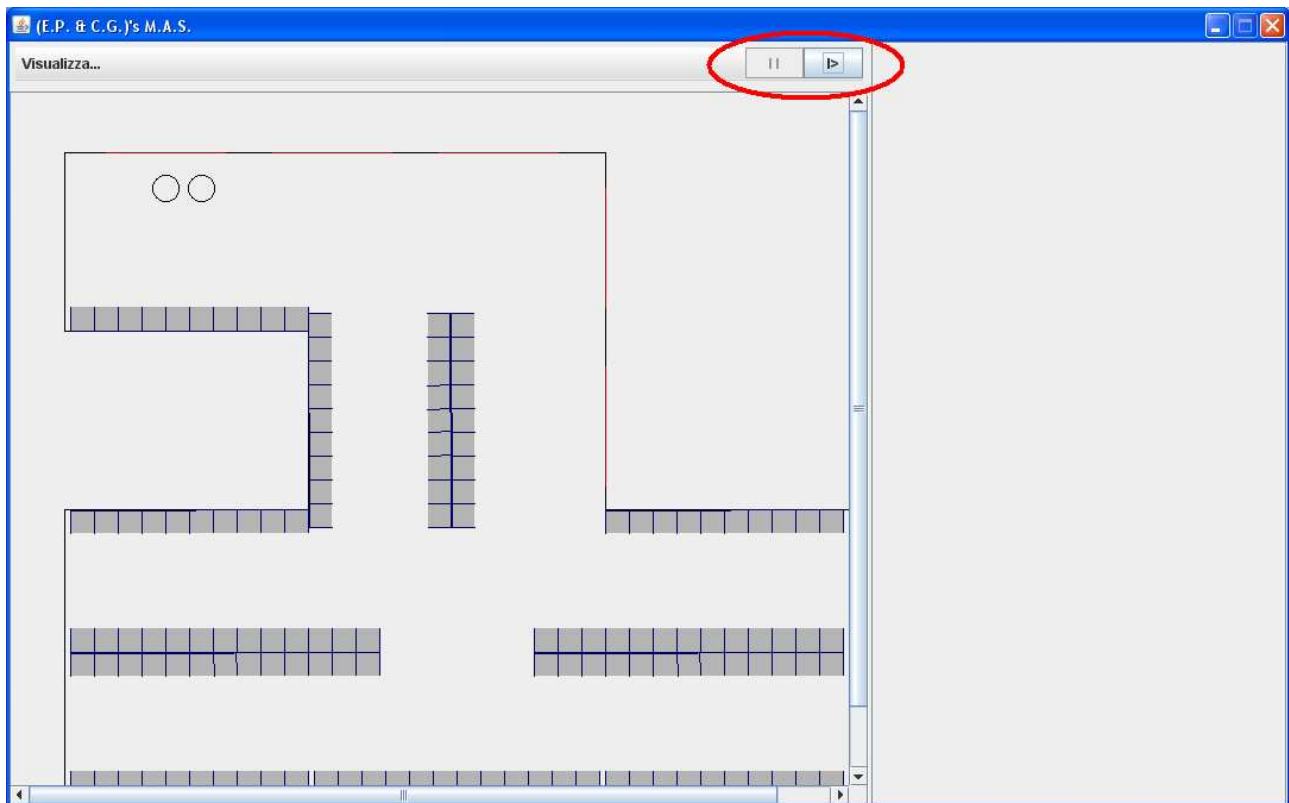
IL MAGAZZINO ENTRA IN FUNZIONE

PER LANCIARE L' APPLICAZIONE È SUFFICIENTE LANCIARLA TRAMITE TERMINALE DI COMANDI. È NECESSARIO SPECIFICARE UN PARAMETRO CHE SIA "1", "2", O "3". QUESTO PERCHÉ SONO STATI COSTRUITI TRE TIPI DI MAGAZZINO DIVERSI. AD ESEMPIO LANCIAMO L' ESECUZIONE DEI NOSTRI AGENTI NEL MAGAZZINO 3:

```
java test.Test 3
```

(TEST È LA MAIN CLASS E SI TROVA NEL PACKAGE TEST E VIENE LANCIATA PASSANDO COME PARAMETRO "3")

A QUESTO PUNTO AVREMO DI FRONTE LA SEGUENTE SCHERMATA, NELLA QUALE NON SUCCED E ANCORA NIENTE. PER FAR PARTIRE TUTTO QUANTO SI DEVE FARE CLICK SUL PULSANTE "PLAY" INDICATO.



IL PULSANTE “PAUSA” DÀ LA POSSIBILITÀ DI FERMARE IL TUTTO COME PER VEDERE UN’ Istantanea DEL SISTEMA.

POSSIAMO CONTROLLARE L’ ARRIVO DI VEICOLI CHE PORTANO MERCI DA SCARICARE DAL “PANNELLO EVENTI”, NEL MENÙ “**VISUALIZZA**”



CLICKANDO SULLA VOCE SELEZIONATA SI VEDRÀ COMPARIRE NELLA PARTE DESTRA DELLA FINESTRA IL PANNELLO DI CONTROLLO PER LA GENERAZIONE DEGLI EVENTI. QUESTO È LO STRUMENTO CON CUI SI CONTROLLARE ARRIVI DI RIFORNIMENTI E RICHIESTE DI SPEDIZIONI. ESAMINIAMOLO NEL DETTAGLIO:

Generazione di eventi - Pannello di controllo

Pallet per carico: 10 **Merci trattate:**

Pizza
 Pasta
 Cotolette
 Aranciata

Periodo (millisecondi): **Cambia**

Probabilità di evento: **Cambia**

Spedizioni (out) **Rifornimenti (in)**

◀

◀

◀

▶

▶

▶

NEL RIQUADRO GRANDE SONO ELENCALE TUTTE LE MERCI CHE IL MAGAZZINO TRATTA. LA GENERAZIONE VERA E PROPRIA DI EVENTI È BASATA SU TRE ASPETTI, DIRETTAMENTE CONTROLLABILI: COME PRIMA COSA VA DETTO CHE SI BASA SU UN CICLO, ALLA FINE DI OGNI PERIODO SI GENERA UN “EVENTO”. UN PERIODO HA UNA CERTA DURATA, CHE PUÒ ESSERE MODIFICATA. ALLA FINE DI OGNI PERIODO L’ EVENTO NON VIENE SEMPRE GENERATO, MA SOLO IN BASE AD UNA PROBABILITÀ (LA PROBABILITÀ DI EVENTO), CHE PUÒ VARIARE TRA 0.0 (L’ EVENTO SARÀ CERTAMENTE NON GENERATO) E 1.0 (L’ EVENTO SARÀ CERTAMENTE GENERATO.) IN MEZZO CI SONO TUTTE LE POSSIBILITÀ. SERVE A SIMULARE EVENTUALI DISCONTINUITÀ NEL TEMPO E PUÒ ESSERE MODIFICATA. INFINE, UNA VOLTA CHE IL GENERATORE DI EVENTI HA DECISO DI GENERARE UN EVENTO, DEVE DECIDERE SE INVIARE DEI RIFORNIMENTI O RICHIEDERE UNA SPEDIZIONE. LA PARTE BASSA DELLA SEZIONE PERMETTE DI CONTROLLARE QUESTO ULTIMO ASPETTO:

Spedizioni (out) **Rifornimenti (in)**

◀

◀

◀

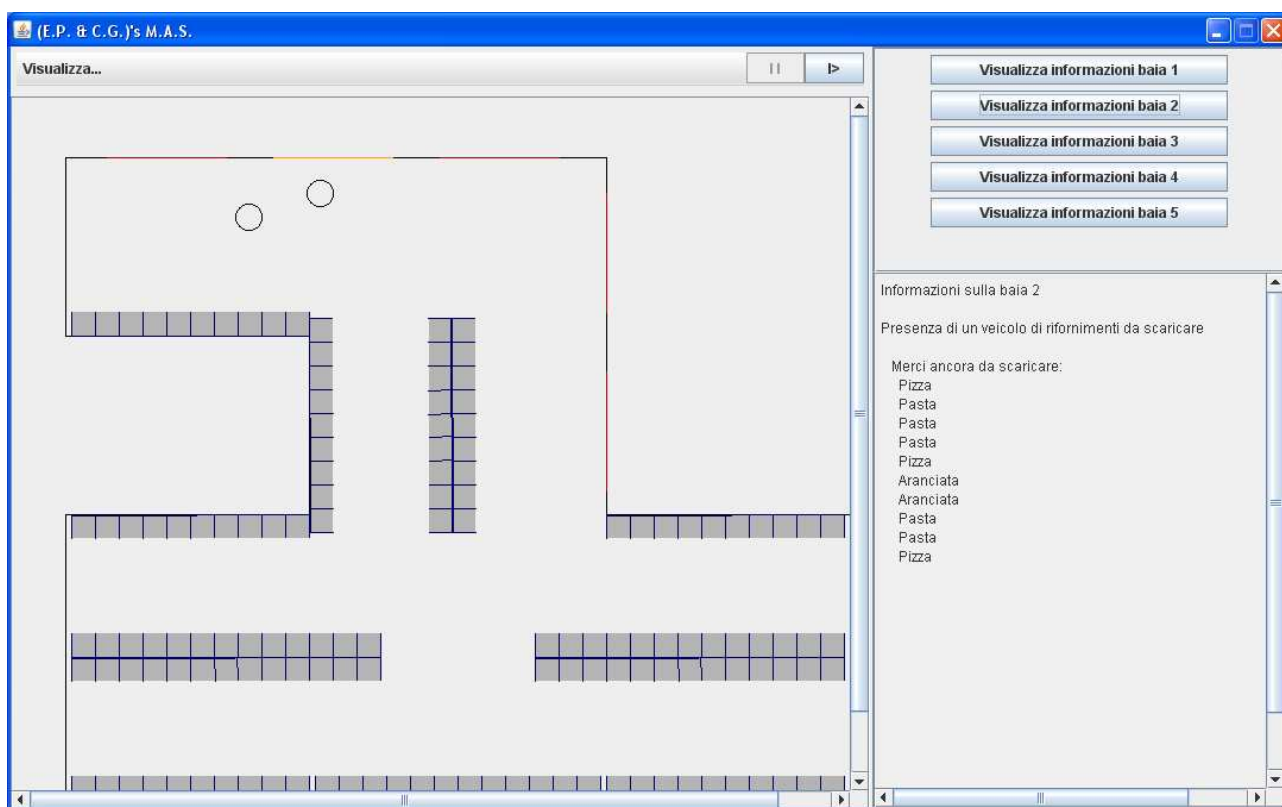
▶

▶

▶

LA SOMMA TRA PROBABILITÀ DI SPEDIZIONE E PROBABILITÀ DI RIFORNIMENTO È 1.0 E SPOSTANDO IL CURSORE È POSSIBILE MODIFICARE IL RAPPORTO TRA LA FREQUENZA DELLE SPEDIZIONI E LA FREQUENZA DEI RIFORNIMENTI. NELLE FASI INIZIALI IN CUI IL MAGAZZINO È VUOTO È CONSIGLIABILE SBILANCIARE TALE RAPPORTO IN FAVORE DEI RIFORNIMENTI. PER SPOSTARE IL CURSORE BASTA FARE CLICK SUI PULSANTINI MOSTRATI, CHE ALTERANO IL BILANCIAMENTO DI 0.1, OPPURE DI 0.01 OPPURE DI 0.001.

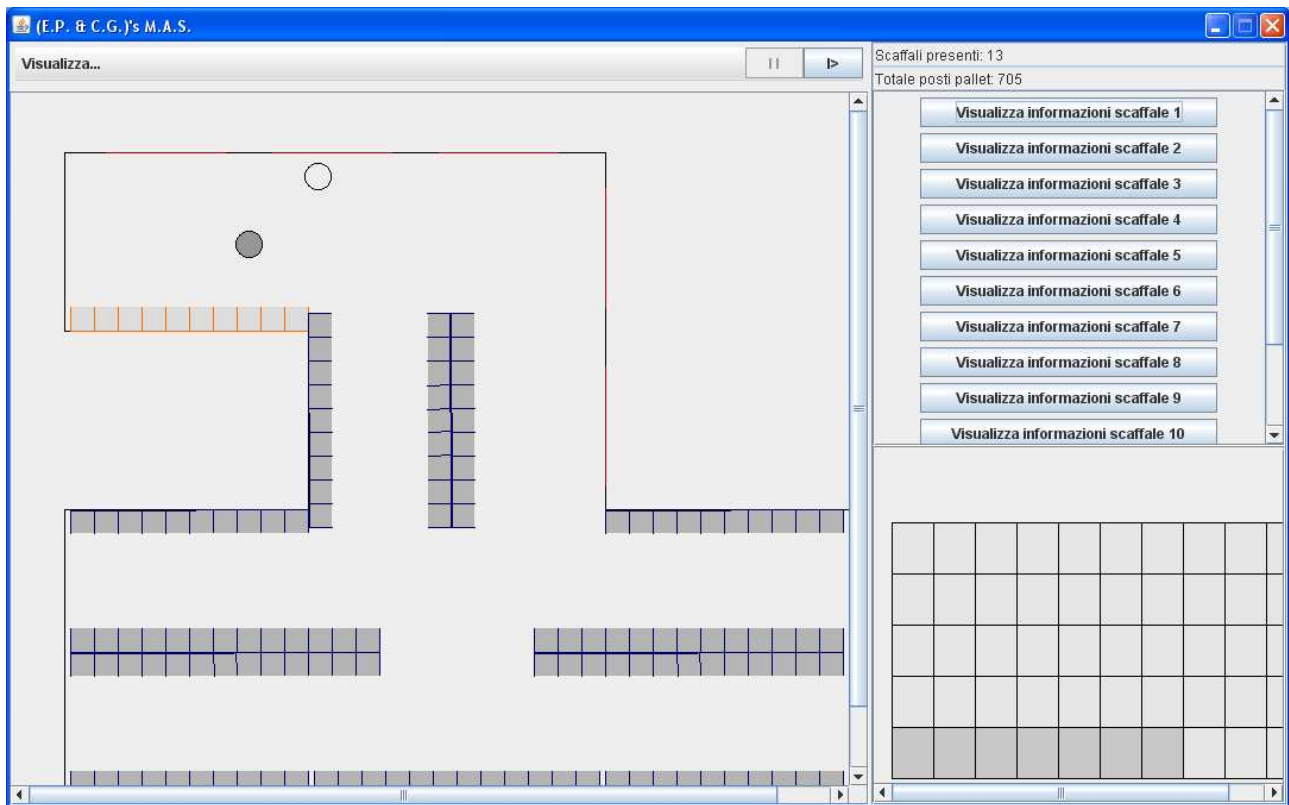
DOPO UN PO’ DI TEMPO (PERIODO DI GENERAZIONE EVENTI) VEDREMO GLI AGENTI MUOVERSI. VUOL DIRE CHE È APPENA ARRIVATO UN VEICOLO DA SCARICARE. POSSIAMO INFATTI CLICKARE SU “**STATO DELLE BAIE**” E POI SU UNO QUALUNQUE DEI PULSANTI CHE COMPAIONO PER VEDERE IN QUALE BAIA.



ECCO, ALLA BAI 2 È PRESENTE UN VEICOLO CON DEI RIFORNIMENTI E LA PARTE DI SOTTO DEL PANNELLO SULLA DESTRA MOSTRA QUALI MERCI DEVONO ESSERE ANCORA SCARICATE.

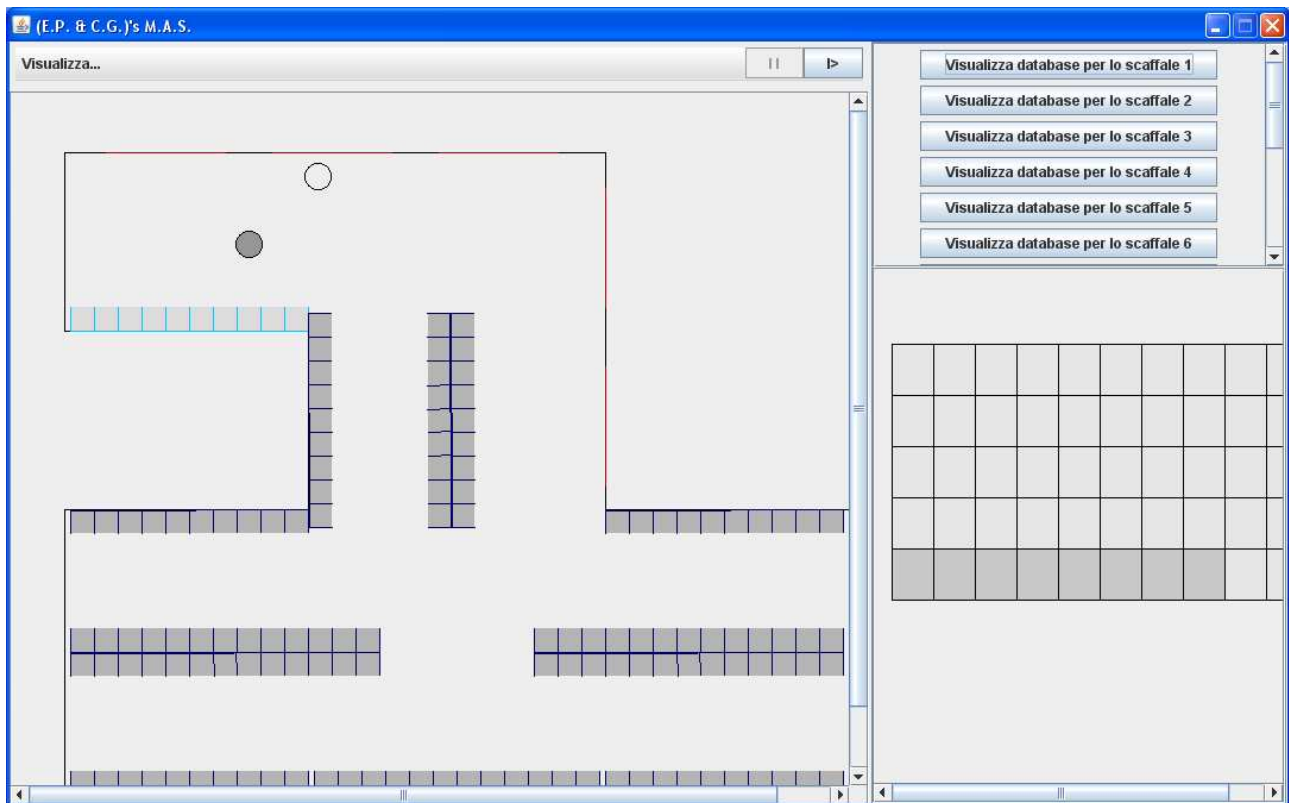
ALL' INIZIO IL MAGAZZINO È VUOTO, MA DOPO UN PO', DOPO CHE SARANNO ARRIVATI DEI RIFORNIMENTI E GLI AGENTI LI AVRANNO PORTATI SUGLI SCAFFALI, POSSIAMO FARE CLICK SU **"ELENCO SCAFFALI"** E POI SUL PULSANTE DI UNO SCAFFALE QUALUNQUE PER VEDERE SE È VERO CHE C' È QUALCOSA. AD ESEMPIO NELLO SCAFFALE QUI INDICATO CI SONO DELLE MERCI DEPOSITATE. INDICATE CON UNA COLORAZIONE PIÙ SCURA:



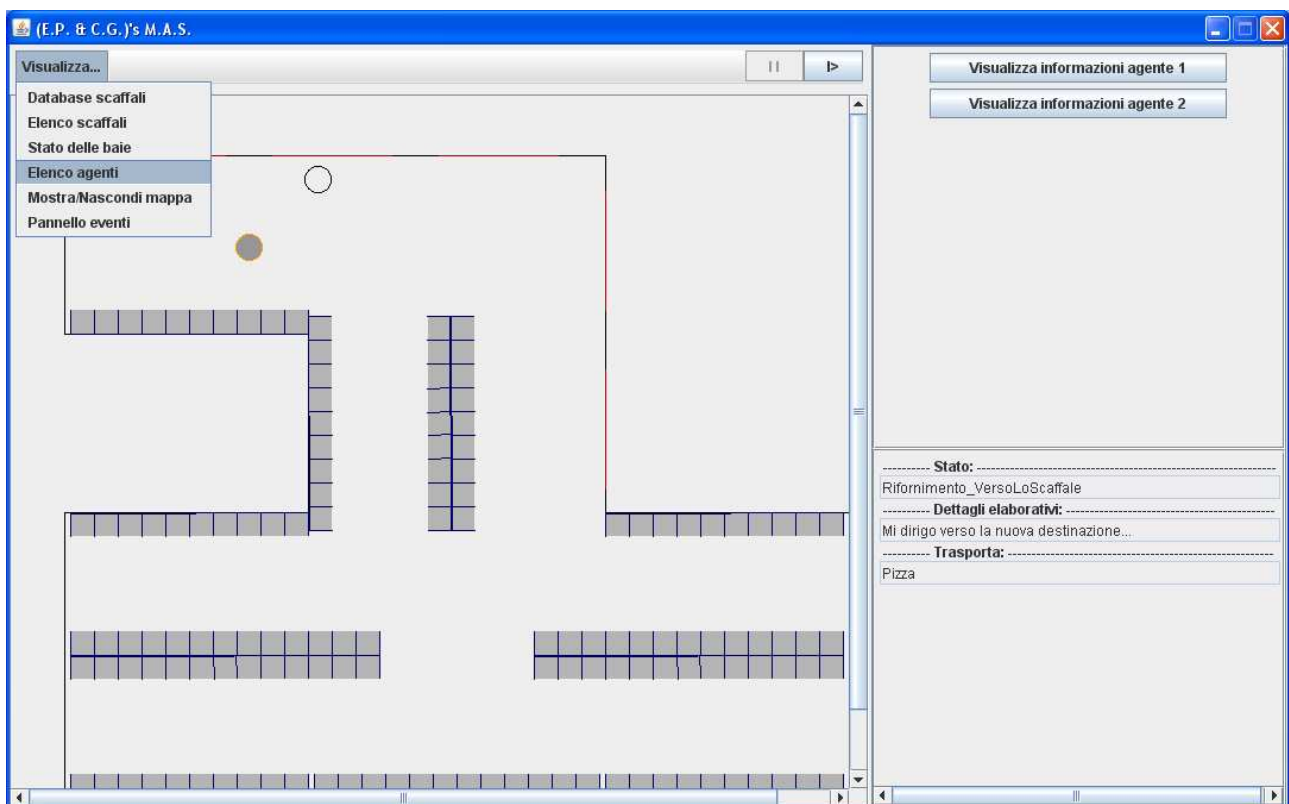


E' POSSIBILE CONTROLLARE IN MANIERA SIMILE COME IL DATABASE REGISTRA L' UTILIZZO DEGLI SCAFFALI: **"DATABASE SCAFFALI"**



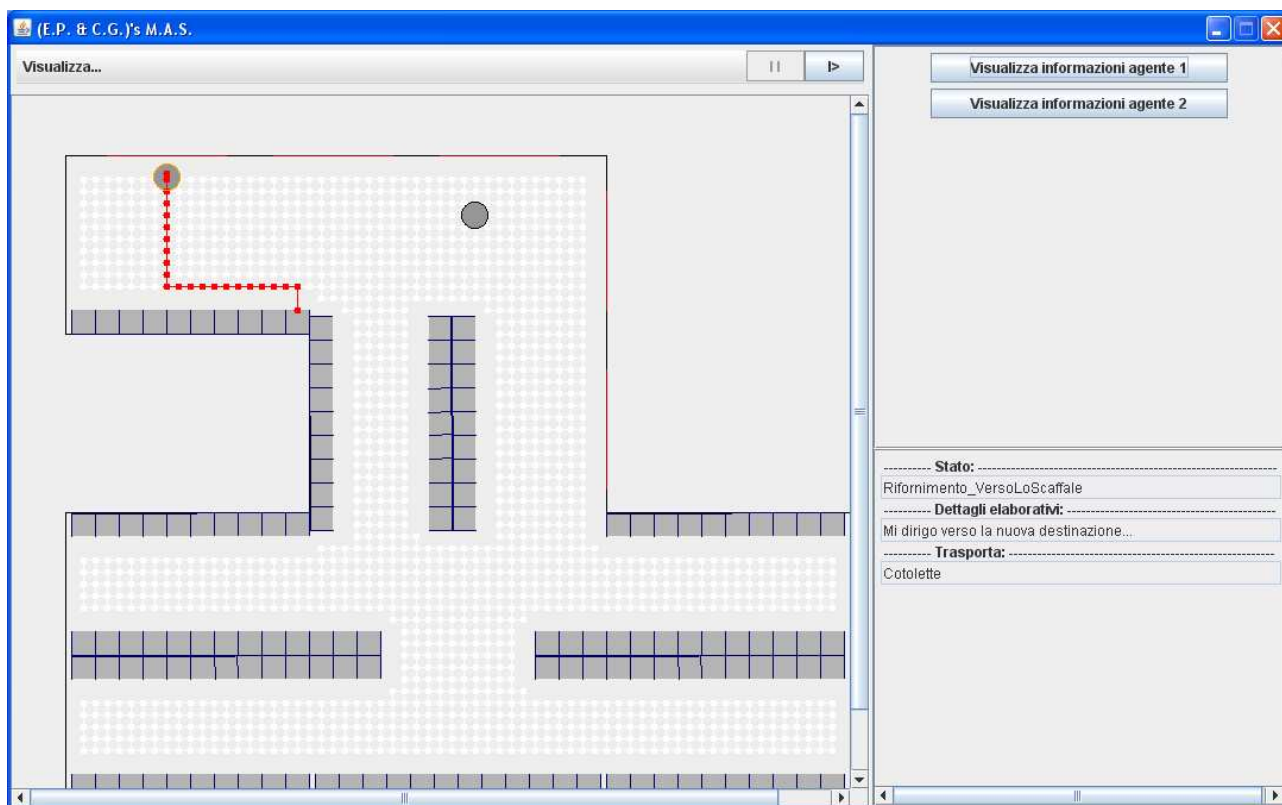


IN MANIERA SIMILE ANCHE LO STATO INTERNO DI UN AGENTE PUÒ ESSERE VISUALIZZATO:

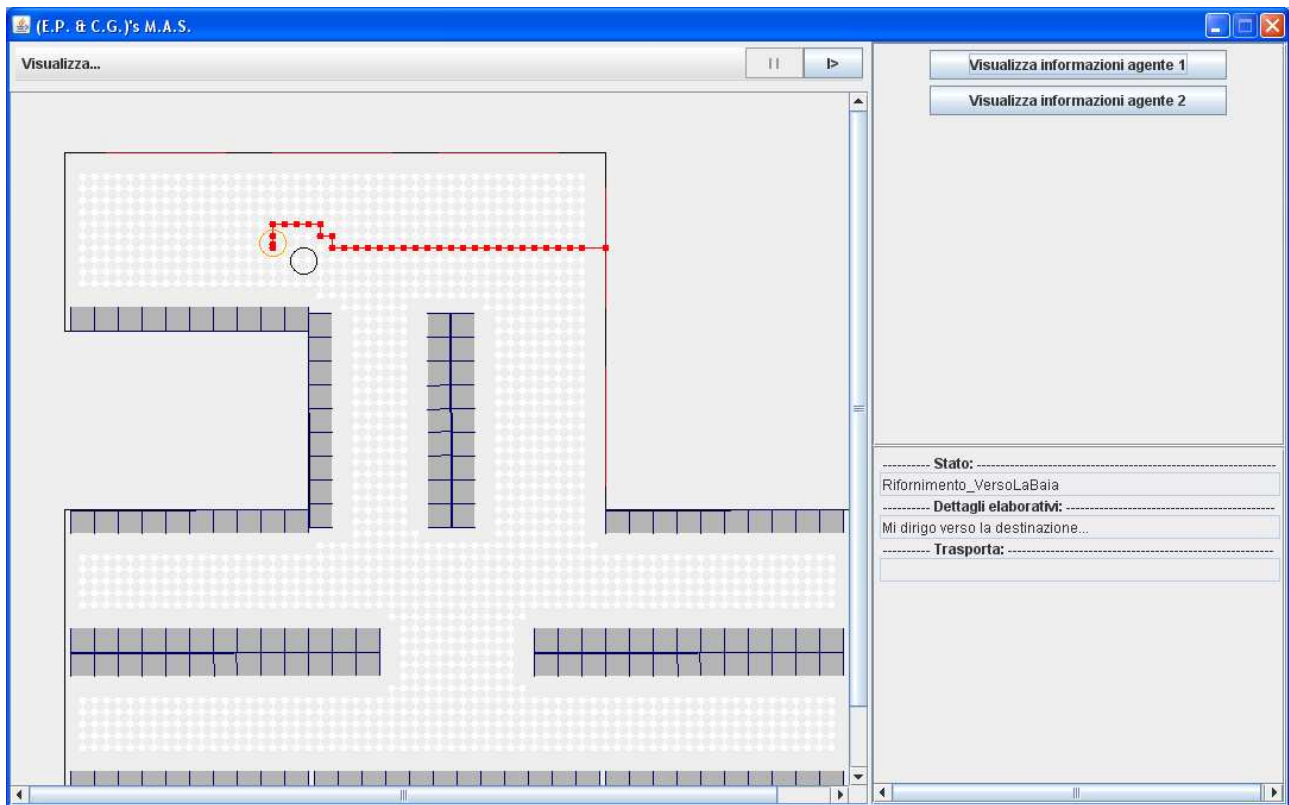


ESISTE LA POSSIBILITÀ DI VEDERE QUALE TRAGITTO GLI AGENTI UTILIZZANO PER MUOVERSI. FACENDO CLICK SU **“MOSTRA/NASCONDI MAPPA”** E SELEZIONANDO UN AGENTE COME INDICATO SOPRA, SE STA EFFETTUANDO UNO SPOSTAMENTO IL SUO PERCORSO È VISUALIZZATO IN ROSSO.

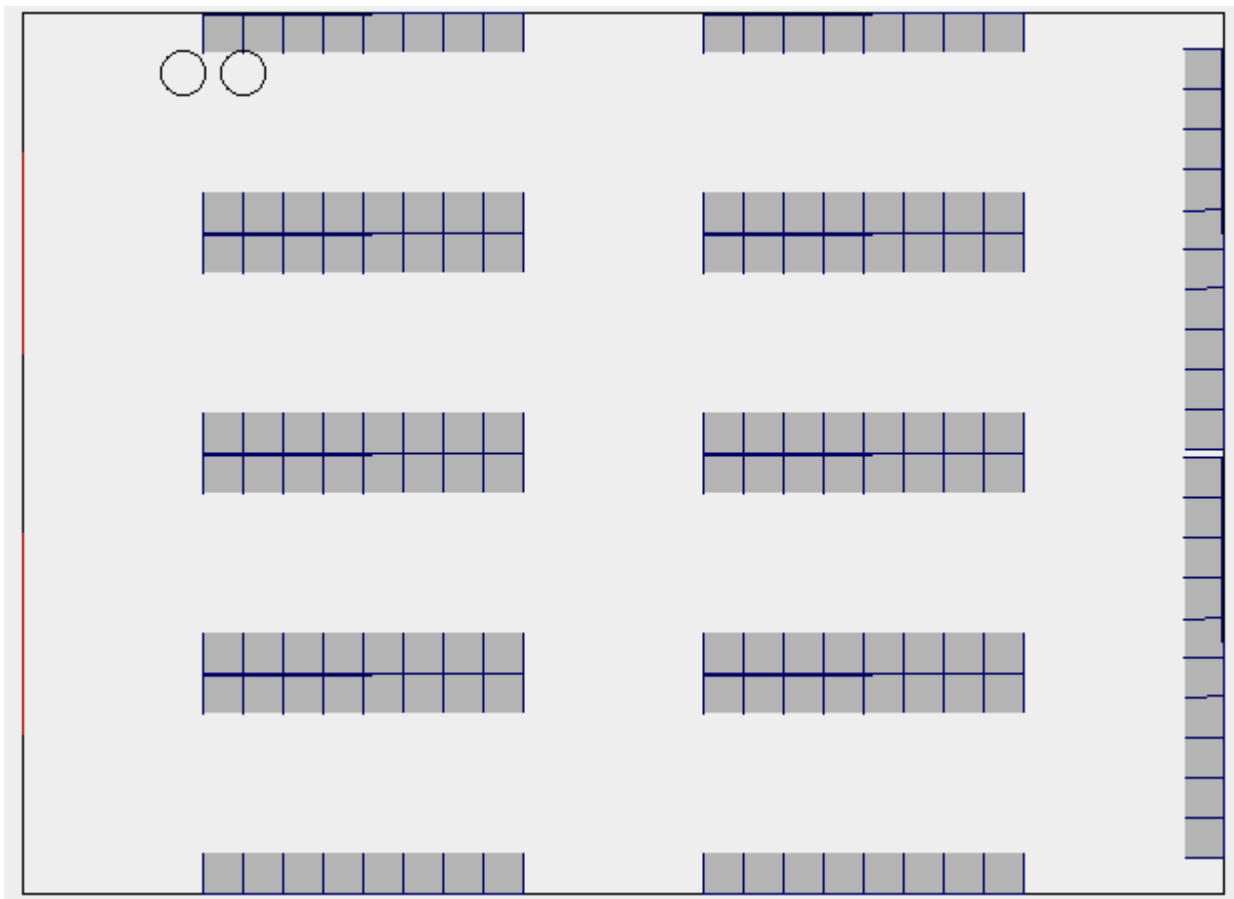
Visualizza...
Database scaffali
Elenco scaffali
Stato delle baie
Elenco agenti
Mostra/Nascondi mappa
Pannello eventi



È INTERESSANTE OSSERVARE COME, NEL CASO CHE DUE AGENTI SI INCONTRINO, SIANO CAPACI DI MODIFICARE IL PROPRIO TRAGITTO PER EVITARE COLLISIONI.



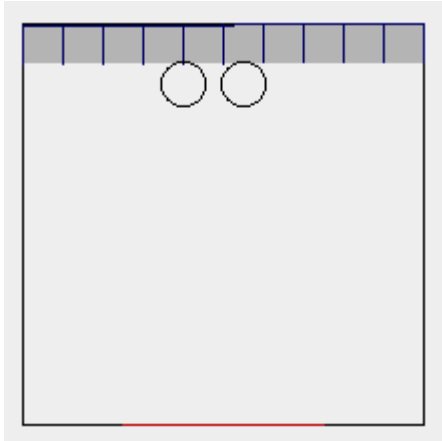
NELL' ESEMPIO RIPORTATO È STATO UTILIZZATO IL MAGAZZINO 3. LANCIANDO INVECE
 java test.Test 2
 SI MANDAVA IN ESECUZIONE IL SISTEMA CON IL MAGAZZINO 2



MENTRE LANCIANDO

```
java test.Test 1
```

SI USAVA IL MAGAZZINO 1, CHE, COME È FACILE INTUIRE, È UN PICCOLO MAGAZZINO GIOCATTOLO UTILE PER EFFETTUARE POCHI E SEMPLICI TEST.



CONCLUSIONI E POSSIBILI SVILUPPI FUTURI

CON L' ELABORATO PRESENTATO È STATA PRODOTTA UNA SIMULAZIONE AD AGENTI DI UN MAGAZZINO AUTOMATIZZATO, IN PARTICOLARE UN MAGAZZINO NEL QUALE L' ACCETTAZIONE DELLE MERCI IN ARRIVO, LA PREPARAZIONE DELLE SPEDIZIONI E LA GESTIONE DEGLI STOCCAGGI SONO PROCESSI COMPLETAMENTE AUTOMATIZZATI E CIÒ È STATO RESO POSSIBILE SIA DALLA DISPONIBILITÀ DI ROBOT IN GRADO DI ESEGUIRE COMPITI AUTONOMAMENTE, SIA DALL' USO DI PARTICOLARI OGGETTI (DENOMINATI ARTEFATTI) CON CUI DIRIGERE E COORDINARE IL LAVORO DI TALI ROBOT .

VÀ SOTTOLINEATO CHE, TRATTANDOSI DI UNA SIMULAZIONE, NELL' APPLICAZIONE PRODOTTA POTREBBERO NON ESSERE PRESENTI TUTTI GLI ASPETTI CHE CONVIVONO IN UNA REALTÀ AZIENDALE: AD ESEMPIO SI PENSI AL FATTO CHE NELL' APPLICAZIONE TUTTE LE VOLTE CHE UN ROBOT PRELEVA UN PALLET “LO PRELEVA IN MODO PERFETTO”, NEL SENSO CHE NON COMMITTE ERRORI DI POSIZIONAMENTO CHE POTREBBERO PORTARE A FAR CADERE IL PALLET STESSO. OPPURE ANCORA SI ASSUME CHE I SENSORI DI CUI SONO DOTATI NON SI GUASTINO MAI. SI TRATTA DI ASPETTI CHE NELLA REALTÀ HANNO UN LORO IMPATTO, TUTTAVIA NELLA SIMULAZIONE SONO STATI TRASCURATI. D' ALTRO CANTO L' UTILITÀ DI UNA SIMULAZIONE È QUELLA DI CONSENTIRE DI VALUTARE E OSSERVARE UN FENOMENO, UN COMPORTAMENTO O ANCHE L' EFFETTO DI SIGNIFICATIVE MODIFICHE AD UN SISTEMA SENZA CHE SIA NECESSARIO MODIFICARE IL SISTEMA REALE E OSSERVARE TUTTO CIÒ IN UNA SORTA DI “SCATOLA” NELLA QUALE GLI ASPETTI MARGINALI VENGONO MESSI DA PARTE PER CONCENTRARE L' ATTENZIONE SULL' ASPETTO PRINCIPALE DA STUDIARE.

QUANTO A POSSIBILITÀ DI SVILUPPI FUTURI, OLTRE A POTER AMPLIARE LA SIMULAZIONE AGGIUNGENDO TUTTI QUEGLI ASPETTI SECONDARI POCO SIGNIFICATIVI TRASCURATI, POTREBBE ESSERE INTERESSANTE ANCHE ESPORTARE LE PARTI DI CODICE RELATIVE ALLA PROGRAMMAZIONE DEGLI AGENTI E DEGLI ARTEFATTI E COSTRUIRE UN PROTOTIPO DI MAGAZZINO IN SCALA RIDOTTA COSTRUIENDO E PROGRAMMANDO DEI PICCOLI ROBOT CON LEGO MINDSTORM. UN' ESTENSIONE DI PIÙ VASTA SCALA POTREBBE ESSERE QUELLA DI INTEGRARE ANCHE DELLE PARTI DI CODICE PER CONTROLLARE DEI VERI SENSORI E ATTUATORI DI VERI MULETTI ROBOTIZZATI (CODICE DI BASSO LIVELLO CHE POTREBBE ESSERE SCRITTO, AD ESEMPIO, CON CODESYS) , INTERFACCiare IL TUTTO AL CODICE DI ALTO LIVELLO PRODOTTO E METTERE VERAMENTE IN FUNZIONE TUTTO QUANTO ALL' INTERNO DI UNA REALTÀ AZIENDALE.