

Gestione della Supply Chain mediante Federazione di Simulatori Interagenti

WILD
Web Integrated Logistic Designer

COMPENDIUM

Editori:

Agostino Bruzzone
Roberto Mosca
Roberto Revetria

Ricerca finanziata dal MURST Dipartimento per gli Affari Economici Ufficio III, Programmi di Ricerca di Rilevante Interesse Nazionale nell'ambito del Progetto n.MM09117398 "Gestione della Supply Chain mediante Federazione di Simulatori Interagenti", Area 09 - Ingegneria industriale, 2000.

Stampato a Genova, Italy, November 2002

ISBN 88-900732-1-7

Editori:

Agostino Bruzzone, Roberto Mosca, Roberto Revetria

DIP University of Genoa

Via Opera Pia 15

16145 Genova, Italy

agostino@itim.unige.it , roberto@itim.unige.it, revetria@itim.unige.it

Sviluppato nell'Ambito del Programma di Ricerca

Report Finale: Gestione della Supply Chain mediante Federazioni di Simulatori Interagenti

WILD – Web Integrated Logistic Designer

Coordinatore Scientifico del Programma di Ricerca:

Roberto Mosca, DIP, Università' di Genova

Responsabili Scientifici delle Altre Sedi Consorziato:

Pacifico Pelagagge, DE, Università' dell'Aquila

Alessandro Pozzetti, DIG (ex-DEP), Politecnico di Milano

Alfredo Lambiase, DIMEC, Università' di Salerno

Giovanni Mummolo, DIMEG (ex-DPPI), Politecnico Bari

Martino Bandelloni, SITI DE, Università' Firenze

© 2002 Roberto Mosca, DIP Università' di Genova

Permission is granted to copy portions of the publication for personal use and for the use of students providing credit is given to the MURST Project n.MM09117398 "Gestione della Supply Chain mediante Federazione di Simulatori Interagenti" Roberto Mosca. Permission does not extend to other type of reproduction, nor to copying for incorporation into commercial advertising nor for any other profit-making purpose. Other publications are encouraged to include 300 to 500 word abstracts or summaries for any chapter included in this book providing credit to the author and to the MURST Project n.MM09117398 "Gestione della Supply Chain mediante Federazione di Simulatori Interagenti" Roberto Mosca

Prefazione

Il progetto "Gestione della Supply Chain Mediante Federazione di Simulatori Interagenti" rappresenta un notevole risultato scientifico/ingegneristico ha infatti consentito di sviluppare metodologie e tecniche innovative basate su nuove tecnologie per il settore strategico della Supply Chain Management; inoltre, cosa tutt'altro che trascurabile, queste ricerche sono state implementate in un dimostratore applicato ad un complesso caso industriale grazie alla collaborazione fornita da una serie di Aziende Italiane fornendo una base per estese sperimentazioni e test che hanno consentito di verificare e convalidare sul campo i risultati della ricerca.

In effetti questo progetto nasce come naturale prosecuzione del precedente Progetto di Interesse Nazionale denominato "Gestione Integrata di Sistemi Produttivi Interagenti" focalizzandosi sulla valutazione di tecnologie e strumenti per procedere a detta integrazione; in questa ricerca il lavoro è proseguito in due direzioni principali: da un lato lo sviluppo e l'estensione di moduli e modelli per meglio coprire tutti i fenomeni e le interazioni degli attori attivi in un Network Logistico, dall'altro la concezione di un sistema gestionale intelligente della Supply Chain capace di operare sui singoli federati. Particolare cura è stata posta nel costruire un sistema capace di affrontare e risolvere i problemi concettuali, procedurali ed operativi legati alla proprietà ed alla strategicità delle informazioni condivise fra i differenti partners industriali partecipanti alla federazione.

La distribuzione dei modelli fra i soggetti attivi di una Supply Chain, garantendo a ciascuno il controllo e la protezione di informazioni strategiche e l'integrazione nei sistemi ERP (Enterprise Resource Planning) aziendali consente alla Federazione WILD (Web Integrated Logistics Designer) di effettuare simulazioni efficaci della situazione corrente per analisi, stime e previsioni sia tattiche/operative che strategiche. In effetti, il progetto ha consentito di applicare per la prima volta con successo, operando su rete internet generica, la tecnologia di simulazione distribuita basata sulla HLA (High Level Architecture) al settore Industriale. È stato così possibile creare una federazione di modelli interagenti capaci di riprodurre nel dettaglio tutti i processi di una Supply Chain e di integrarsi nei sistemi informativi indispensabili per il controllo e la gestione del sistema.

La ricerca realizzata in questo progetto ha permesso di sviluppare sistemi basati su complesse interazioni fra differenti tecniche di intelligenza artificiale che integrano Agenti Intelligenti, Fuzzy Logic, Data Fusion e Artificial Neural Networks; il risultato è stato un sistema di rinegoziazione intelligente dei termini contrattuali e di fornitura delle singole commesse che può operare in modo integrato come controller nella federazione andando ad integrarsi con il pianificatore del main contractor o di uno o più fornitori ai vari livelli della struttura gerarchica.

La cooperazione fra le Sedi coinvolte nella ricerca, maturata nell'ambito di precedenti progetti, in questa ricerca si è ulteriormente consolidata; è stato tuttavia fondamentale il passaggio da una impostazione di "ricerca dispersa, compilativa e solo teorica" ad una di "sviluppo coordinato, avanzato e basato su sperimentazione scientifica"; gli obiettivi di WILD erano molto ambiziosi e per garantirne il successo, nel rispetto di tempi e costi, è stato, tra l'altro, necessario sfruttare al meglio le risorse del DIP University of Genoa, già esperte nelle tecnologie e metodologie necessarie al progetto; in effetti la realizzazione del dimostratore WILD, capace di simulare in modo distribuito una reale supply chain complessa, rappresenta un risultato di rilevanza scientifica ed applicativa; infatti, i riconoscimenti conseguiti in ambito internazionale ed industriale hanno evidenziato come lo sviluppo concettuale ed implementativo delle nuove tecnologie nella Federazione WILD sia risultato essere un concreto "deliverable" di un "Progetto di Ricerca" ove gli obiettivi non si sono ristretti a meri report, ma sono invece divenuti tangibili e reali.

Per il futuro questi sviluppi forniranno una base di partenza per condurre ulteriori sperimentazioni e ricerche in vari ambiti legati alla gestione di reti logistiche e forniranno un vantaggio strategico tecnico scientifico a quanti coinvolti attivamente in detta iniziativa.

Agostino Bruzzone

Roberto Mosca

Roberto Revetria

Contributi Tecnico Scientifici

Per i contenuti relativi al gruppo di ricerca DIP Genova gli autori risultano essere Agostino Buzzone, Pietro Giribone, Roberto Mosca, Roberto Revetria, Flavio Tonelli.

Per i contenuti relativi al gruppo di ricerca DE L'Aquila, gli autori ed i curatori risultano Pacifico Pelagagge e Antonio Caputo.

Per i contenuti relativi al gruppo di ricerca DIG (ex DEP) Milano gli autori risultano essere: Alessandro Pozzetti, Marco Garetti, Alberto Portioli, Sergio Cavalieri, Marco Taisch, Roberto Cigolini, Maria Caridi, Alessandro Brun, Marco Macchi, Sergio Terzi.

Per i contenuti relativi al gruppo di ricerca DIMEC Salerno, gli autori ed i curatori risultano essere Raffaele Iannone e Alfredo Lambiase, Salvatore Miranda, Stefano Riemma.

Per i contenuti relativi al gruppo di ricerca DIMEG (ex DPPI) Bari gli autori risultano essere Giovanni Mummolo, Raffaello Iavagnilio, Giorgio Mossa, Maria Grazia Gnoni, Ornella Benedettini, Luigi Ranieri, Francesco Boenzi

Per i contenuti relativi al gruppo di ricerca SITI DE Firenze, gli autori ed i curatori risultano Mario Rapaccini e Mario Tucci

Ringraziamenti

Si desidera ringraziare per il contributo fornito il MURST e le Sedi cofinanziatrici (Politecnico di Bari, Politecnico di Milano, Università di L'Aquila, Università di Firenze, Università di Genova, Università di Salerno, Università Federico II di Napoli) del Project n.9909112115 "Gestione Integrata di Sistemi Produttivi Interagenti: Metodi Avanzati per la Quick Response". Un ringraziamento va a tutti i soggetti coinvolti nel suddetto progetto: A.Giannocoli, M.Loi, R.Vulcano, S.Ferrando, M.Schenone, A.Bonello, S.Simeoni, S.Pozzicotto, O.Chiambretti, A.Brandolese, A.Sianesi, G.Cardarelli, M.Palumbo, F.Scacchia, F.Cucchiella, P.Mancino, M.Ferretti, A.Cardamone, A.Autorino, R.Rizzo, A.Valentino, V.Zoppoli, M.Palumbo, P.Pelagagge, R.Rinaldi, M.Bandelloni.

Un ringraziamento speciale va alla compagine industriale che ha fornito il caso per la sperimentazione e la dimostrazione, indispensabile per la convalida delle teorie e delle metodologie proposte nella ricerca; in particolare si ringrazia la Piaggio Aero Industries e tutte le industrie coinvolte nella sperimentazione per la disponibilità dimostrata: Geven, Magnaghi, OMA, PlyForm, Salver, Sirio Panel.

Un particolare ringraziamento a Giorgio Garassino che ha fornito un supporto fondamentale quale SME (Subject Matter Expert) nella convalida del modello e punto di contatto per la fase di dimostrazione. Ringraziamo particolarmente per il contributo significativo in sede di sviluppo del sistema di negoziazione Enrico Mantero. Si ringraziano, inoltre, per l'aiuto offerto negli sviluppi della sede di Firenze: Elisabetta De Sabato, Massimiliano Mestrone, Manuele Cheli, Matteo Maurri, Nunzio Martino e Jacopo Pancani. Si ringrazia inoltre Ernesto Ippoliti per il contributo offerto nella sede di L'Aquila e Marco Baldoli per il contributo offerto nella sede di Salerno.

Un ringraziamento significativo per il supporto nella formazione relativa all'architettura HLA va riconosciuto a: M.Brandolini, C.Briano, R.Crosbie, T.McGuire, K.Morse, A.Orsoni, S.Simeoni, S.Viazzo, nonché per gli sviluppi delle infrastrutture HLA di base a E.Briano, G.Diglio e G.Vigano. Ringraziamo inoltre i colleghi che in altre sedi internazionali hanno collaborato con il presente progetto e con cui è stato possibile corrispondere proficuamente per lo sviluppo di dette linee di ricerca: P.Elfrey, C.Frydman, N.Giambiasi, R.Huntsinger, Y.Merkuryev, A.Naamane, G.Neumann, M.Schumann, T.Schultze, R.Signorile, O.R.Torinco, G.Upkenis, E.Williams.

Per la parte di supporto web e design si ringraziano G.Berrino, M.Mosca, L.Patrone, Marina Massei.

The time and my intents are savage-wild,
More fierce and more inexorable far
Than empty tigers or the roaring sea.

*W.Shakespeare
Romeo and Juliet, Act V, Scene III, 40*

Gestione della Supply Chain mediante Federazione di Simulatori Interagenti

WILD
Web Integrated Logistic Designer

COMPENDIUM

INDICE

PROGETTO E SVILUPPO DELLA FEDERAZIONE	7
• Definizione degli Obiettivi	7
• Modello Concettuale della Federazione	10
• Progetto Federazione Globale	14
• Sviluppo dei Singoli Modelli Concettuali	16
• Verifica dei Singoli Modelli	25
• Sviluppo di Modello di Federazione	27
• Moduli Previsionali	29
• Modelli di Centri Logistici	39
• Modelli di Centri di Produzione	45
• Verifica dell'Architettura Generale	50
• Sistema Distribuito Basato su Agenti Autonomi	57
• Definizione Tecniche più Efficienti per Implementare Ottimizzazione tra: Sistemi Esperti, Reti Neurali, Intelligenza Artificiale	60
• Identificazione Parametri Prestazionali della Supply Chain	62
• Metodologia per Ottimizzare sulla Base degli Indici Costi e Tempi fra Main, Subcontractors & Outsources	72
STRUMENTI INNOVATIVI PER LA GESTIONE LOGISTICA	79
• Modelli di Sistemi di Trasporto	79
• Integrazione modelli Trasporto con GIS	81
• Modelli Ibridi per il Sistema di Trasporto	83
• Integrazione dei Modelli	88
• Utilizzo ed Analisi dei Risultati	100
• Convalida della Federazione	110
• Integrazione dei Modelli	113
• Accreditation presso Utenti Finali	114
• Dimostrazione della Federazione	115
• Coordinamento dell'Accreditation della Federazione	116
• Data Collection	117
• Problem Analysis	118
• Analisi Ingegneristiche	119
• Coordinamento della Convalida della Federazione	126
• Analisi e Test delle Logiche Decisionali di Ciascun Agente	126
• Prototipo Software delle Tecniche Basate su Agenti	130
• Analisi e Test del Prototipo Agenti	132
• Prototipi di Gestione Intelligente	133
• Valutazione Prestazionale su Case Study	136
• Metodologie Intelligenti per l'Ottimizzazione degli Indici Prestazionali	136
• Integrazione dei Modelli Sviluppati del Sistema di Trasporto	150
• Costruzione del Modello di Trasporto e sua Convalida per la demonstration	150
• Test su caso multi-site con valutazione prestazionale dei modelli ibridi	153
DIMOSTRAZIONE	154
• Campagna Sperimentale	154
• Analisi di Rischio	180
• Coinvolgimento Utenti Finali	181
• Federazione di Simulatori – Scheduleri	183
• Introduzione Diagrammi di Precedenza	188
• Generazione Gantt Ottimo	188
CONCLUSIONI, SVILUPPI E LEZIONI APPRESE	190
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	191

PROGETTO E SVILUPPO DELLA FEDERAZIONE

La parte iniziale del lavoro si è focalizzata sulla progettazione e sviluppo di una rete di simulatori interagenti basati sulla tecnologia HLA (High Level Architecture) che ha costituito la Federazione WILD.

DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI

DIP, Università di Genova

La gestione della Supply Chain rappresenta dalla metà degli anni '90 una delle sfide più importanti per il mondo della produzione industriale. La continua dinamicità dei mercati ha spinto, infatti, i gestori dei sistemi produttivi a modificare profondamente le strategie e le tecniche gestionali impiegate. La continua spinta verso la riduzione dei costi e l'aumento dell'efficienza ha richiesto uno sforzo significativo alle realtà produttive che si sono, con sempre maggiore frequenza, spesso disaggregate per potersi specializzare in maniera più efficace. Questa frammentazione ha dato vita a soggetti differenti, spesso in continua competizione fra loro, i cui obiettivi sono naturalmente divergenti. La produzione industriale, per contro, non ha cessato di evolvere le proprie necessità rendendo continuamente necessario ai gestori il ricorrere al mercato per l'approvvigionamento dei beni e dei servizi necessari al processo produttivo. La forma di collaborazione divenuta via via più consistente è quella della terzizzazione o dell'outsourcing per effetto del quale il processo produttivo tende a trasformarsi sempre più in mera attività di assemblaggio di componenti preconfezionati acquisiti dal mercato. La catena delle forniture ha finito per concentrarsi sulle attività a più alto valore aggiunto cercando di concentrare quelle a più basso valore all'interno di aree o soggetti in grado di attuare opportune economie di scala. La risultante spinta propulsiva ha impresso notevole impulso alle attività di standardizzazione ed unificazione dei componenti di base richiedendo ai terzisti la fornitura di interi assiemi e non solo di singoli componenti. Un'altra caratterizzazione di questo processo si è avuta nel settore della manutenzione in cui nuovi soggetti, spesso esterni alle aziende produttive, sono sorti assumendosi l'onere delle attività di service nei confronti del cliente ed utente finale, trasformando un'attività marginale della produzione in un core business in grado di generare reddito. Posti di fronte al cambiamento in atto i gestori dei sistemi hanno ripetutamente manifestato una carenza di strumenti e metodologie quantitativamente in grado di fornire risposte precise e puntuali alle loro esigenze; lo sviluppo di queste nuove metodologie rappresenta ovunque la sfida che la ricerca di settore deve raccogliere per gli anni duemila, la necessità, in particolare di disporre di strumenti e metodologie innovative per la gestione della Supply Chain rende necessario l'impiego di tecniche di modellazione adatte al fine di poter meglio comprendere le complesse interazioni esistenti tra i diversi soggetti in gioco. Onde poter avere una descrizione efficace dell'ambiente competitivo, caratterizzato da una elevata dinamicità di rapporti, in cui gli attori si muovono. La separazione spinta degli attori della Supply Chain, infatti, diviene lo scenario di riferimento di un complesso "gioco delle parti" nel quale ogni soggetto si muove mosso da propri obiettivi sempre più spesso in contrasto con quelli degli altri attori. Partendo da un tale contesto la simulazione diviene allora la tecnica di riferimento in grado di esprimere, in termini quantitativi, il sistema nel suo complesso e di esplicitare le interazioni di ogni singolo sottocomponente attraverso il ricorso ad opportuni meta-modelli di tipo regressivo, analitico o neurale. Secondo il profilo strettamente metodologico, la necessità di modellare un ambiente così complesso, e caratterizzato da un alto grado di competitività, richiede l'adozione di adeguate scelte di simulazione distribuita tra queste è stata individuata ed adottata l'High Level Architecture (HLA). Nel corso di ricerche precedenti (Progetto "Sistemi di Gestione Avanzati Interagenti per la Quick Response") si sono valutate, infatti, anche altre architetture di simulazione distribuita, esistenti al fine di individuare quelle più rispondenti ai bisogni del problema, da tale analisi è emerso come l'HLA sia un framework efficiente e perfettamente adattabile al caso specifico. L'esperienza,

infine, accumulata nei settori della Gestione e Programmazione della Produzione e della Logistica e Distribuzione da parte del Dipartimento di Ingegneria della Produzione dell'Università di Genova ha consentito di disegnare un approccio innovativo al problema basato sullo sviluppo di una Federazione Integrata di Simulatori in grado di modellare accuratamente la Supply Chain e di provvedere efficacemente alla sua gestione.

DE, Università de L'Aquila

Scopo del programma di ricerca è infatti lo sviluppo di metodologie e strumenti avanzati per lo studio e l'ottimizzazione delle prestazioni della supply chain in ambito manifatturiero, con particolare riferimento al sistema di trasporto. Lo studio prevede l'integrazione di modelli di simulazione con tecniche decisionali euristiche e di gestione informatica delle informazioni di natura geografica territoriale. Tali strumenti sono intrinsecamente modulari e flessibili potendo quindi essere applicati allo studio di supply chain di configurazione generica con lo scopo di definire i criteri di dimensionamento e di gestione delle risorse interessate al trasporto ed alla distribuzione fisica delle merci. Principale obiettivo è la massimizzazione del livello di servizio al cliente mediante simulazioni realistiche del comportamento stocastico e dinamico del sistema.

L'analisi dei più moderni approcci orientati alla simulazione delle supply chain, sulla scorta degli incoraggianti risultati conseguiti nel programma di ricerca di interesse nazionale "Gestione integrata di sistemi produttivi interagenti: metodi quantitativi avanzati per la quick response" recentemente conclusosi, cui questa unità di ricerca ha partecipato, hanno indirizzato verso un approccio teso allo sviluppo di sistemi di simulazione distribuita. In particolare, a seguito di un confronto tra gli standard di comunicazione disponibili ed in grado di supportare interazioni tra simulatori, è stata selezionata la High Level Architecture (HLA). Questo protocollo presenta numerosi vantaggi quali: permettere il riutilizzo e l'interoperabilità tra modelli di simulazione precedentemente sviluppati, l'indipendenza dal particolare linguaggio di simulazione adottato, ed il consentire una sofisticata gestione del tempo, essendo la corretta sincronizzazione uno degli aspetti critici della simulazione distribuita. Quale caso applicativo nell'ambito del presente programma di ricerca si fa riferimento alla filiera logistica della Piaggio Aero Industries per la produzione del velivolo P180, sebbene strumenti e metodologie sviluppate abbiano valenza del tutto generale.

Nell'ambito dello sviluppo di tale ambiente di simulazione distribuita si è proceduto inizialmente alla definizione dell'architettura della federazione globale di simulatori rappresentanti la totalità dei soggetti partecipanti al network logistico, poi alla creazione di un modello di simulazione preliminare del sistema di trasporto che presentasse sufficiente flessibilità e generalità per analizzare le problematiche comunemente riscontrate nella pianificazione e gestione delle risorse di trasporto nelle catene di distribuzione industriale. Successivamente tale modello è stato integrato in ambito HLA operandosi l'ulteriore integrazione del modello con un sistema di gestione dei dati territoriali di tipo GIS. Sono infine stati condotti test preliminari per verificare la correttezza dello scambio di dati tra simulatori nonché convalidati i trend comportamentali del simulatore sulla base di specifici scenari. Mentre la federazione globale sarà utilizzata per definire le strategie ottimali per la pianificazione della produzione tra main contractor e subfornitori, i modelli di simulazione dei sistemi di trasporto permetteranno di introdurre nella simulazione i lead time corrispondenti agli effettivi tempi di trasporto nonché di valutare gli effetti dei vincoli dovuti alla capacità delle flotte di mezzi di trasporto o delle differenti strategie di utilizzo e definire le strategie ottimali per la gestione dei sistemi di trasporto asserviti ad una catena logistica.

DIMEG, Politecnico di Bari

Obiettivo del progetto risulta essere la Gestione integrata della supply chain: realizzare un efficiente "supply chain management" (SCM) costituisce un problema tanto più complesso quanto maggiore è il numero dei flussi (fisici, informativi e monetari) che interessano il sistema produttivo. L'elaborazione di procedure efficaci per la gestione della supply chain è diventato per molte aziende un obiettivo altrettanto importante quanto il progetto stesso della supply chain.

La gestione dei flussi fisici non può raggiungere elevati livelli di efficienza senza che si consideri congiuntamente lo scambio di informazioni che attiva le movimentazioni; alle diverse soluzioni strutturali e organizzative corrisponde in generale anche un differente impatto economico. E' evidente la necessità di una gestione integrata di tutte le tipologie di flussi. Il problema assume ulteriore complessità per le "inter-firm networks", ossia per quei sistemi produttivi che si configurano come insiemi di aziende distinte ma economicamente interdipendenti e che hanno la necessità di istituire una rete di relazioni cooperative piuttosto che competitive.

Pertanto, obiettivo del SCM è quello di gestire i flussi nel sistema al fine di integrare e coordinare le attività delle singole unità produttive. La porzione del processo produttivo svolta da una unità produttiva nell'ambito di una supply chain deve integrarsi in modo sincrono sia con le attività degli altri membri della supply chain (integrazione esterna) sia con i processi produttivi realizzati al suo interno (integrazione interna). In generale, sono disponibili due modalità di coordinamento: un coordinamento centralizzato, in cui una entità centrale controlla l'intero sistema, ed uno decentralizzato, in cui ciascuna unità produttiva opera autonomamente rispettando protocolli comuni. La complessità di gestione del sistema risulta inoltre dipendente dalla dinamicità del contesto produttivo. Fenomeni di tipo dinamico possono interessare l'intera catena (es. ordini annullati, aggiunti o modificati da parte dei clienti) o singole unità produttive (es. ritardo dei fornitori, ritardi di produzione). Un'adeguata conoscenza delle interrelazioni fra i parametri che definiscono il comportamento del sistema nonché degli effetti di variazioni dei loro valori consente di minimizzare l'impatto dei fenomeni dinamici. Ulteriore fonte di complessità si manifesta all'atto della costituzione di una SC. In questa fase alcune variabili di produzione sono note in termini probabilistici. Queste sono di duplice natura: esogena ed endogena. Fra le variabili del primo tipo vi è la domanda dei prodotti che devono essere realizzati sia dall'intera SC sia da una o più unità produttive per propri clienti. Incertezze nelle variabili endogene riguardano, ad esempio, la disponibilità delle risorse a seguito di fenomeni di guasto, riparazione e manutenzione, la produzione di scarti per il non soddisfacimento di standard di qualità. Non è possibile definire né tanto meno indagare il comportamento del sistema senza aver introdotto opportune misure di prestazione. Le prestazioni più significative per la caratterizzazione del processo produttivo sono quelle che influenzano i fattori critici di produzione o le leve competitive. La definizione dei due ambiti ovviamente non è univoca ma determinata dallo specifico contesto economico. Tuttavia, in un contesto produttivo caratterizzato da una crescente "customizzazione", diventa sempre più opportuno introdurre misure di affidabilità, intendendo in generale come affidabilità la capacità del sistema di soddisfare gli impegni presi nei confronti del cliente.

Un ruolo determinante nel SCM è rivestito dalla gestione del flusso dei materiali perché questa consente di integrare in modo tempestivo ed economicamente vantaggioso le unità produttive di cui si compone la catena produttiva. Il flusso dei materiali è assicurato da un sistema fisico di trasporto supportato nella sua gestione da un sistema informativo e da un sistema di supporto alle decisioni.

Il primo deve consentire l'integrazione informatica del sistema di trasporto con le unità di produzione. Il secondo si articola su livelli distinti a seconda del tipo di problema affrontato. Si distinguono problemi:

- di livello strategico, finalizzati alla configurazione del sistema di trasporto;
- di livello tattico nella definizione del modello di gestione del sistema di trasporto;
- di livello operativo, nella valutazione delle prestazioni del sistema.

DIG, Politecnico di Milano

Alla relazione finale sulle attività svolte nel progetto "Gestione della *supply chain* mediante federazione di simulatori interagenti", occorre integrare un'osservazione di natura storico-evolutiva, per poter chiaramente comprendere le linee di ricerca perseguite ed ivi descritte.

In primis, è necessario osservare che la promozione e l'ideazione del progetto ivi referenziato sono da inquadrarsi all'interno di quel più ampio ambiente di ricerca che riguarda il vasto mondo della gestione e dell'ottimizzazione della produzione multi aziendale. Tale contesto sorge, come legittima

attenzione accademica, da tutte quelle molteplici esperienze che ogni sede universitaria coinvolta ha acquisito sul campo dei diretti rapporti aziendali, intrapresi in passato sia separatamente che collegialmente con gli altri partner di studio. In particolare, il presente studio è il legittimo proseguo del passato progetto di ricerca "Gestione integrata di sistemi produttivi interagenti: metodi quantitativi avanzati per la quick response", finanziato anch'esso dal MURST. Il legame esistente tra le due attività è di natura ben oltre che meramente propositiva, ma risulta di rinforzata essenza applicativa, dato che l'infrastruttura logica, metodologica e, soprattutto, informatica proposta e sperimentata nella prima referenza è la base funzionale e strumentale allo sviluppo di tutto quanto è stato sviluppato successivamente. I medesimi partner accademici ed industriali, direttamente ed indirettamente coinvolti, derivano dall'insieme degli elementi della prima attività di ricerca. All'interno del gruppo di studio per indicare lo stretto legame che connette i due progetti, si è adoperato spesso l'acronimo (WILD), in duplice edizione (WILD I progetto iniziale di Sviluppo di un Sistema per la Quick Response e valutazione standard HLA per integrazione e WILD II progetto di sviluppo del sistema di gestione della Supply Chain integrato con una Federazione di Simulatori) ancorché il WILD andrebbe più correttamente attribuito al solo progetto "Gestione della Supply Chain mediante Federazione di Simulatori Interagenti".

Occorre inoltre aggiungere che in specifico per l'unità di ricerca di Milano si sono travasate nel progetto WILD tutta quella serie di competenze, conoscenze e spunti sviluppati in un altro passato progetto, "Sistema infrastrutturale di supporto per ambienti produttivi caratterizzati dalla presenza di agenti autonomi", attinente all'applicazione dei metodi avanzati per PP&C basati sul paradigma degli agenti artificiali.

DIMEC, Università di Salerno

Gli obiettivi del gruppo sono stati mirati all'identificazione di una serie di parametri prestazionali caratteristici della catena logistica ed hanno l'intento di misurare in termini quantitativi le performance del canale dalle materie prime sino al prodotto finito, avendo ad obiettivo tempi di attraversamento, costi logistici, coordinamento tra i diversi attori. In questa fase la ricerca ha identificato una serie di parametri prestazionali ed ha sviluppato diversi modelli di simulazione significativi per lo scopo delle sperimentazioni. Ad esempio, attraverso questi modelli, si è indagato circa le influenze che i sistemi di schedulazione e di coordinamento della supply-chain avessero sui parametri prestazionali individuati, oppure come l'introduzione di uno schedulatore ad agenti autonomi influisse sui flussi produttivi all'interno dei reparti. In seguito è stato sperimentato un simulatore integrato mediante l'impiego di un sistema MRP interno che consentisse di riprodurre problemi di gestione della produzione strutturata su diversi livelli e di confrontare in tempo reale diversi scenari produttivi per consentire l'individuazione di quello che meglio incontrasse le richieste del cliente/fornitore ad un costo sostenibile. Inoltre, al fine di completare la federazione mediante l'impiego dei vettori logistici necessari per il trasporto dei materiali da un sito produttivo all'altro, è stato sviluppata la necessaria interfaccia (baie di carico e scarico) per il collegamento attraverso HLA del federato trasportatore.

MODELLO CONCETTUALE DELLA FEDERAZIONE

DIP, Università di Genova

La federazione di Simulatori è stata sviluppata a partire dalle precedenti esperienze del gruppo di ricerca ed è impostata secondo i seguenti criteri:

- § Modularità: una delle principali caratteristiche della Supply Chain è la sua continua dinamicità che prevede ingresso ed uscita di soggetti con la necessità di dover ridisegnare con continuità i sistemi e le loro interazioni. Uno sforzo significativo è stato posto al fine di garantire che la federazione di simulatori realizzata fosse costituita da unità modulari in grado

di poter espandere in modo sufficientemente rapido l'architettura rimanendo compatibili con le parti già sviluppate.

- § **Interoperabilità:** La natura eterogenea dei soggetti coinvolti in una Supply Chain rende indispensabile l'integrazione di sistemi di natura differente operanti con tecnologie non sempre compatibili (es. Sistemi Mainframe su AS/400, Sistemi SAP R/3TM, Software Proprietario, ecc.) quindi la federazione di simulatori richiede esplicitamente uno sviluppo in grado di interfacciarsi con basi di dati e EDI eterogenei.
- § **Sussidiarietà:** Dal momento che la soluzione di simulazione distribuita richiede la presenza contemporanea dei diversi moduli di simulazione delle sotto componenti e che tale presenza può non essere sempre garantita (es. indisponibilità di rete o di un modello, mancanza di un accordo sullo scambio dei dati, early prototyping, etc.), la federazione realizzata deve poter sostituire, in qualsiasi momento, un federato distribuito con un modello di prima approssimazione in grado di esercitare le stesse funzioni e fornire prestazioni e risposte credibili.
- § **Scalabilità:** L'approccio sviluppato deve poter essere adattato a realtà di differenti dimensioni semplicemente dalla composizione di moduli di base interfacciandosi, di volta in volta, con le basi dati delle varie realtà coinvolte.

La federazione sviluppata prevede di simulare una catena logistica multilivello formata da federati Produzione (Sub Contractors), federati Vettori Logistici (Carriers e Terminals) e federati di Assemblaggio e Produzione (Main-Contractors). La federazione risulta essere organizzata in una struttura gerarchica al cui capo è il Main-Contractor; in posizione subordinata troviamo i vari Sub-Contractors e successivamente, a lato, i federati Carriers e Terminals. Lo scopo di questi ultimi risiede nella simulazione delle operazioni di coordinamento e trasporto delle merci all'interno della supply chain secondo quanto previsto dalle richieste dei simulatori delle realtà produttive. La federazione può essere gestita utilizzando logiche di tipo push, pull e mista push-pull; la programmazione della produzione viene simulata all'interno dei singoli federati attuando una serie di logiche predefinite e personalizzabili. Al fine di poter validare anche le politiche di gestione della realtà produttiva all'interno del rapporto main-contractor/sub-contractor (es. atteggiamento collaborativo, ostile, indifferente, utilitaristico, ecc.) ogni federato interagisce con gli altri attraverso una definita politica di negoziazione personalizzabile. La simulazione quindi all'interno della federazione così definita diviene banco di prova non solo delle capacità produttive delle singole entità ma anche e soprattutto delle logiche gestionali impostate.

Modello Concettuale di Federato Main-Contractor

Il federato realizza il suo prodotto procedendo all'assemblaggio delle parti componenti prelevandole da magazzino e sulla base della politica di gestione delle scorte in essere provvede all'emissione degli ordini relativi verso i sub fornitori. Per ogni sub-fornitore è possibile impostare un simulatore ad-hoc (collegato tramite HLA) oppure utilizzare un meta-modello basato su tecnica Montecarlo sia in locale (interno) sia distribuito (GG Simulator). Per ogni ordine di lavoro ricevuto il main-contractor può avviare la contestuale procedura di approvvigionamento dei materiali necessari (funzionamento in logica MRP e Just in Time sulla Classe A) o utilizzare materiale di scorta (funzionamento in logica a scorta sulle classi B e C). Nell'emissione dell'ordine il Main-Contractor può legare la sua richiesta al soddisfacimento di una particolare due date applicando nel contempo una penale. In ogni istante il federato Main-Contractor può iniziare una procedura di negoziazione con il quale vengono modificate le condizioni degli ordini a fornitori correnti.

Modello di Federato Sub-Contractor (Supplier)

Tale federato modella il suo processo produttivo e le sue logiche di gestione e comportamento (es. Attitudine alla Negoziazione, Gestione Interna delle Risorse, Gestione Scorte, Scheduling, ecc.), può gestire sub-fornitori, in modo da realizzare una catena delle forniture multi livello attraverso

HLA, dispone di un inventory proprio che gestisce attraverso ordini ad altri federati oppure simulando internamente, con tecnica Montecarlo, i suoi fornitori. Al fine di provvedere alla gestione ed al controllo della produzione applica penali verso le sue sub-forniture. Nei confronti del Main-Contractor è tenuto al rispetto delle date e dei termini di consegna, pagando le penali previste dal contratto in caso di ritardo. Per la gestione dei trasporti si avvale dei federati Terminal e Carrier attraverso una Richiesta di Trasporto, il sub contractor viene notificato dell'avvenuta consegna della merce al suo destinatario attraverso il federato Carrier e provvede a contabilizzare tutti gli oneri ed i ricavi relativi. Il carico di lavoro dovuto agli ordini del Main-Contractor non è esclusivo, sono simulati internamente anche altri clienti in modo da fornire uno scenario corretto di ambiente sintetico competitivo. In caso di ritardo di consegna presunto o stimato provvede, se abilitato, all'emissione della richiesta di negoziazione nei confronti del committente (Main-Contractor).

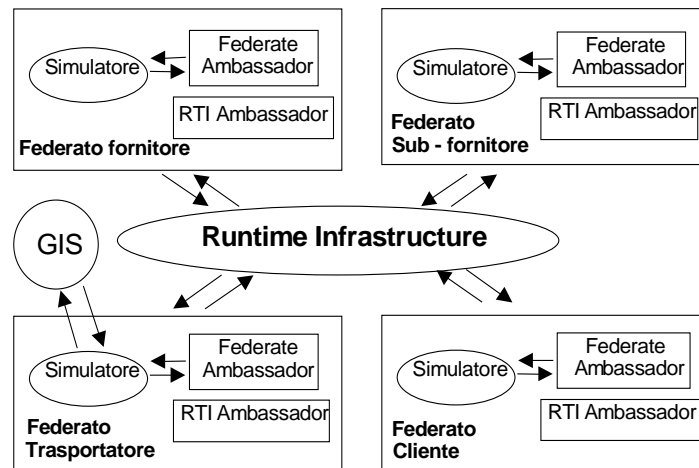
Modelli di Federati Carrier e Terminal

Hanno la responsabilità di gestire ed esercitare l'attività di trasporto, distribuzione e consegna delle merci nell'ambito della supply chain. Ricevono le richieste di trasporto dai federati sub contractor ed, eventualmente, dal federato main-contractor, allocando le risorse in loro possesso al fine di espletare tutte le attività previste dalla bolla di trasporto. Il federato Terminal simula tutte le operazioni di carico, scarico ed accettazione delle merci utilizzando sia le risorse presenti nel federato mittente sia quelle dei federati spedizioniere e destinatario. Il federato carrier modella la gestione del personale e dei veicoli (es. Trucks, Ships, Planes, Lorries, etc.), il trasporto linehaul e le operazioni di interfaccia ai terminal (es. imbarchi, sbarchi, scarichi, carichi, manutenzione veicoli, refueling, etc.).

DE, Università de L'Aquila

E' stata proposta ed adottata una struttura di federazione che vede il sistema di trasporto partecipare come federato a sé stante indipendente dagli utenti di tale sistema di trasporto. Una supply chain simulata mediante tale architettura distribuita vede quindi la partecipazione di un numero variabile di simulatori interagenti rappresentanti ciascuno i fornitori di materia prime, i sistemi produttivi veri e propri, i centri di stoccaggio e distribuzione, i clienti ed infine il sistema di trasporto, potendovi essere una molteplicità di federati di ciascuna categoria nella medesima federazione, integrati e coordinati dalla struttura esecutiva della federazione HLA denominata Run Time Interface. L'architettura generale di un sistema di simulazione distribuita secondo lo standard HLA, che includa esplicitamente mediante federati dedicati il processo di trasporto e distribuzione fisica delle merci, è stata strutturata come schematicamente rappresentato nella figura seguente.

A titolo di esempio, un generico federato cliente emetterà ordini per l'acquisto di componenti verso un federato fornitore, in accordo con il proprio piano di produzione. Tale federato provvederà ad evadere l'ordine mediante le giacenze del proprio magazzino prodotti finiti, altrimenti provvederà ad introdurre tale ordine nel proprio piano di produzione simulando le relative attività di costruzione/assemblaggio. Eventualmente ciò si rifletterà in una ulteriore emissione di ordini di acquisto di materie prime, componenti e sottoassiemi verso subfornitori del main contractor i quali a loro volta simuleranno, mediante i rispettivi simulatori, i loro processi interni. Allorché un generico federato necessita di un servizio di trasporto, emanerà una corrispondente richiesta di servizio verso il federato trasportatore il quale, simulando il processo di distribuzione fisica della merce, permetterà la simulazione realistica del flusso di beni nella supply chain introducendo di fatto dei lead time in funzione della propria disponibilità di risorse di trasporto e dell'entità degli spostamenti richiesti. Le informazioni di tipo geografico (ad esempio distanza tra i punti di prelievo e consegna della merce o i percorsi ottimali), necessarie al simulatore del sistema di trasporto per eseguire il compito assegnatogli saranno fornite dal sistema GIS interrogato dal simulatore trasportatore. Il sistema GIS, altresì, potrà fornire un supporto alla visualizzazione sul territorio del flusso di merci consentendo di monitorare l'evoluzione della simulazione.



Modello concettuale di federazione di simulatori basata su protocollo HLA

DIMEG, Politecnico di Bari

Nell'ambito della SC sono impegnate due tipologie di trasporto:

- la prima provvede al trasporto dei componenti da ciascun subcontractor di primo livello al main contractor che realizza l'assemblaggio finale;
- la seconda provvede al trasporto di materiali e sottocomponenti dai subcontractors di secondo livello ai subcontractors di primo livello.

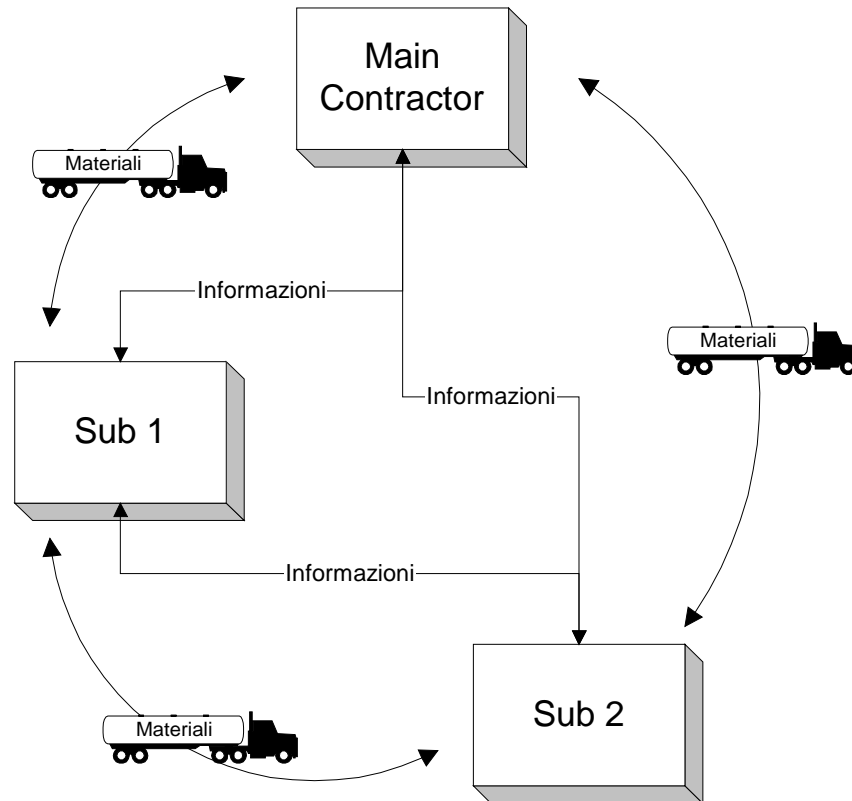
Le due tipologie di trasporto sono gestite attraverso il medesimo servizio di trasporto con l'obiettivo di ottimizzare il servizio per il cliente finale.

L'integrazione dei trasporti è finalizzata alla minimizzazione degli effetti dei ritardi di produzione nella supply chain. Il sistema di trasporto è stato ideato come membro della federazione in aggiunta ai siti produttivi. Ad esso corrisponde un Federato Trasporto configurato sulla base delle seguenti assunzioni:

1. Il Federato Trasporto dispone di una flotta di mezzi che trasportano i componenti prodotti dai subcontractor di primo livello al main contractor ed i sottocomponenti prodotti dai(dal) subcontractor di secondo livello ai subcontractor di primo livello;
2. La flotta di mezzi è gestita dal main contractor ed è dedicata al prodotto P180;
3. I mezzi, quando non occupati per il trasporto, stazionano presso il sito di assemblaggio (main contractor);
4. Ciascun mezzo è in grado di effettuare ciascun trasporto in quanto le caratteristiche dei componenti/sottocomponenti non richiedono "attrezzaggio" dei mezzi;
5. I trasporti sono "singoli", ossia non è possibile trasportare assieme più componenti/sottocomponenti del medesimo o di differente tipo. Le dimensioni elevate dei componenti e le caratteristiche di alcuni imballaggi (es. impiego di casse e disponibilità di un'unica cassa per tipo di componente) non consentono, in generale, trasporti congiunti;
6. Il tempo di trasporto è deterministico: le stocasticità rilevabili nella durata dei trasporti sono state ritenute trascurabili rispetto alla durata degli stessi.

DIMEC, Università di Salerno

Il modello di federazione proposto per la sperimentazione delle tecniche per l'ottimizzazione delle performance all'interno di una SC, è costituito da 3 aziende manifatturiere che hanno relazioni di subfornitura su diversi livelli. La schematizzazione di tale sistema è illustrata in figura. Tale modello, volutamente semplificato, consente di sperimentare tutte le procedure in modo semplice, ma completo e quindi, di integrare successivamente tali procedure all'interno della federazione HLA già testata nel corso di "WILD I".



Schema della federazione

Le richieste di fornitura sono guidate dal Main Contractor che detta le cadenze produttive dell'intera catena e passa gli ordini afferenti alla linea di prodotto oggetto della SC ai diversi Sub contractor. Questi realizzano contemporaneamente produzioni anche per altri clienti, le quali tendono a saturare in maniera quasi completa le loro capacità produttive. Il sistema di monitoraggio fornisce indicazioni sulle prestazioni sia verso l'interno, come strumento per migliorare le prestazioni della singola azienda, sia verso l'esterno per favorire le produttività dell'intera SC.

PROGETTO FEDERAZIONE GLOBALE

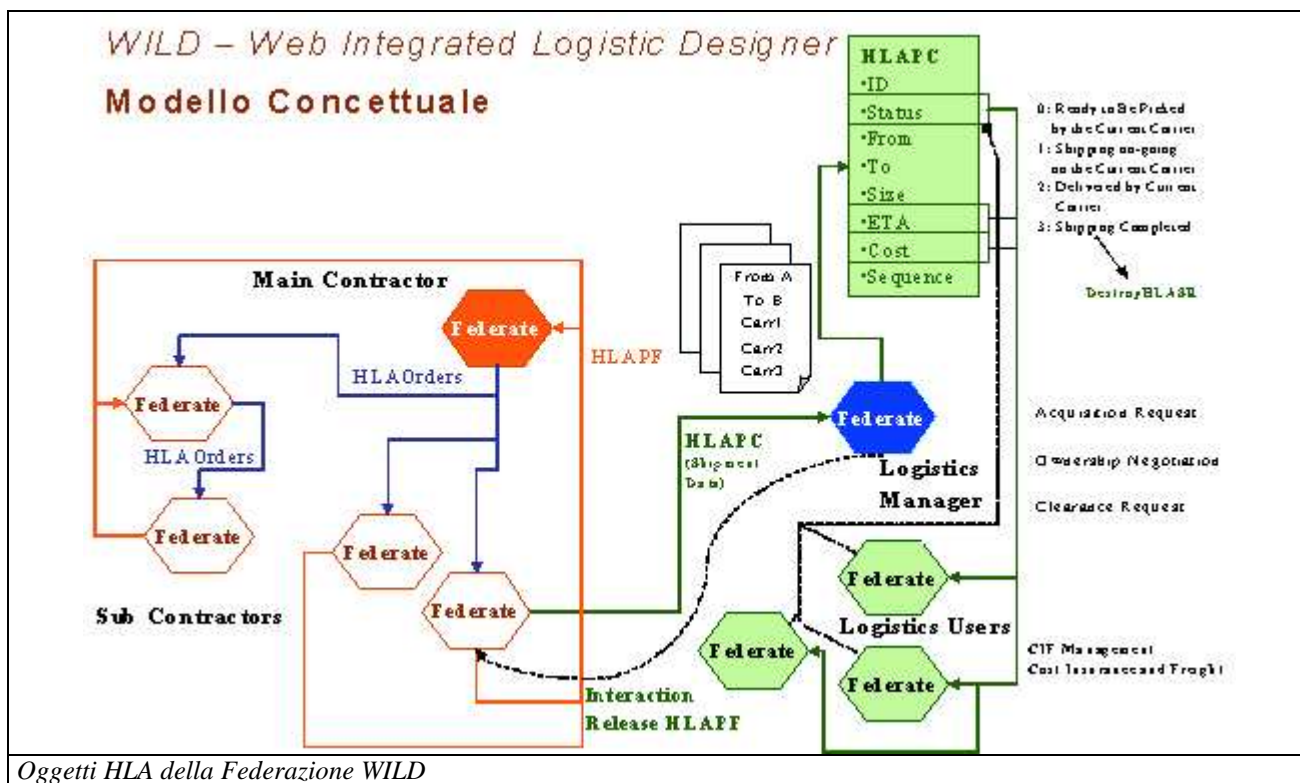
DIP, Università di Genova

Come già accennato la federazione sviluppata prevede di simulare la catena logistica di un'azienda operante nel settore aerospaziale, la cui produzione riguarda un velivolo commerciale denominato P180. Tale azienda è già stata fatta oggetto di studio approfondito nel corso di un precedente progetto e pertanto in questa ricerca si reimpiegano componenti già sviluppati per tale studio.

In aggiunta ai modelli di simulazione già sviluppati, la Federazione WILD integra le logiche di gestione del vettore logistico e quelle di gestione della pianificazione e programmazione della produzione. Ulteriore modulo sviluppato e' rappresentato dal gestore della negoziazione il quale provvede, in maniera autonoma, a formulare le richieste di negoziazione e, successivamente, a valutare le controproposte ricevute. Lo sviluppo tecnologico dei moduli di simulazione e dei moduli di supporto (Negoziazione, Logistica e Programmazione) e' realizzato integrando sia il software COTS (Commercial Off of The Shelf) che Design-for-Purpose. In particolare la scelta di operare utilizzando tecnologie eterogenee permette di poter testare la pratica utilizzabilità delle soluzioni distribuite proposte. In tale fase gli strumenti ed i tool di simulazione integrati sono:

Java™ C/C++ Arena™ Simul8™ Simple++™

La sede di Genova ha curato l'integrazione nel corso di precedenti ricerche dei suddetti tools sviluppando un protocollo di integrazione denominato HORUS (HLA Operative Relay Using Sockets) il quale è stato implementato nell'ambito di WILD in uno strumento di integrazione Software General Purpose denominato HORUS v1.1. L'integrazione dei modelli sviluppati utilizzando COTS è stata condotta utilizzando proprio questo strumento. La federazione WILD implementata nell'ambito di precedenti ricerche consta allo stato iniziale di un set di simulatori in grado di riprodurre la Catena Logistica (Supply Chain) della produzione del P180. Tale modello presenta uno schema concettuale su tre livelli (Main Contractor, Sub Contractor di 1 Livello e Sub Contractor 2 Livello).



Ogni simulatore è stato sviluppato da una sede consorziata e integrato in seguito nella federazione HLA attraverso lo sviluppo di un middle-ware, secondo lo schema logico di HORUS [Bruzzone, Orsoni, Revetria 2001] che prevede la comunicazione attraverso canali TCP/IP Sockets, con simulatori sviluppati rispettivamente in Arena™, Simple++™, Simul8™. Ogni simulatore sviluppato è sostituibile da un simulatore GG che simula nel dettaglio il processo produttivo considerato modellizzandolo sotto un insieme di processi. Lo schema integrativo del simulatore di sede (SALVER, OMA; PLYFORM; MAGNAGHI, PIAGGIO, GEVEN, PIAGGIO KIT) con la federazione prevede che le comunicazioni tra il simulatore e la federazione avvengano sulla base di messaggi di testo scambiati a intervalli di tempo definiti (Time Stepped) che informano dello stato degli oggetti HLA facenti parte della federazione; tali time steps sono fissati nel valore di una settimana. Al fine di preservare l'impianto originale dei simulatori già sviluppati e viste le limitazioni operative dei simulatori COTS ad operare in ambienti distribuiti come HLA si è deciso di sviluppare il modello di gestione dei trasporti all'interno della federazione WILD utilizzando gli oggetti Pick_Up_Location e Delivery_Location meglio definiti in seguito; questo schema garantisce la piena riutilizzabilità di quanto già sviluppato. HLA prevede che gli oggetti in essa definiti siano caratterizzati da una persistenza, rispetto al tempo, tale per cui si possa, per ciascuno di essi, definire un ciclo di vita; poiché l'approccio di integrazione mediante connessioni sockets dei simulatori COTS in HLA ha evidenziato una criticità nella gestione delle comunicazioni (sia interne di processo tra il simulatore ed il middleware, sia esterne su rete geografica) si è ritenuto

opportuno definire una serie di oggetti con un numero di attributi ridotti e con un ciclo di vita sufficientemente lungo da ridurre il traffico di rete.

SVILUPPO DEI SINGOLI MODELLI CONCETTUALI

DIP, Università di Genova

Concettualizzazione

In questa parte vengono descritti il concetto di modularità e di *objectmodel*. Successivamente verranno descritti: lo scopo del progetto, i processi e l'albero decisionale del modello.

Modularità e design generale

Due dei vantaggi di HLA sono la riutilizzabilità e l'interoperabilità. Grazie a queste proprietà è possibile non costruire un unico grande modello ma utilizzare un design modulare. In questo modo risulta facile costruire le parti di un modello attraverso moduli differenti e cogliere alcuni importanti benefici quali: la riduzione dei costi di sviluppo, la parcellizzazione dello sforzo modellativo e la riservatezza delle informazioni sensibili. Una delle principali difficoltà nella realizzazione di sistemi di simulazione complessi, che coinvolgano soggetti differenti, risiede proprio nella impossibilità a includere il modello in un'unica applicazione monolitica.

Nel progetto il modello lo si divide concettualmente in tre diversi moduli-base: il modulo Supplier, il modulo Carrier ed il modulo Main Contractor. Il primo modulo è responsabile della creazione di lotti e si può approvvigionare, per le proprie esigenze di materia prima e semilavorati, da uno o più suppliers: in tal modo si possono modellare reti logistiche multilivello. Il carrier è responsabile della modellizzazione del trasporto logistico e di tutte le operazioni di interfaccia che prendono il nome di "operazioni ai terminal". Il carrier descrive i mezzi di trasporto, le risorse addette (piloti, comandanti, equipaggio, autisti, ecc.) e, ovviamente, il trasporto in se stesso. Il main contractor coordina l'attività di produzione assemblando le parti provenienti dai diversi suppliers, la sua responsabilità di modellizzazione include anche il processo di scarico della merce dal veicolo del carrier presso il terminal corrispondente. Il design modulare permetterà, in futuro, di aggiungere altri differenti moduli (es. modello di gestione multi-alternative) al modello presente, senza recare alcune modifiche allo stesso. HLA offre la possibilità di connettere moduli creati con linguaggi differenti ma non garantisce l'usabilità delle informazioni scambiate. In questo caso le informazioni vengono scambiate attraverso stringhe di formato predefinito usato in ogni modulo. Nel caso venisse inserito un altro modulo, basterà integrare il modulo interessato utilizzando lo stesso schema logico-funzionale e la stessa convenzione sul formato delle informazioni. A tal proposito l'impiego estensivo di formattazione XML™ consentirà di poter definire uno standard di riferimento idoneo alla definizione delle informazioni scambiate; per ora le necessità contingenti sul volume dei dati ha richiesto solo la definizione di un opportuno codice di interscambio dati del tutto adatto al caso sperimentale considerato. Nella supply chain, normalmente, gli ordini vengono spediti, mentre i lotti trasportati, utilizzando strumenti di simulazione COTS come ARENA™ risulta, di fatto, impossibile scambiare le entità (oggetti) tra i modelli di simulazione stessi, per superare tale limite è stata sviluppata una politica di scambio dati che prevede la "creazione" e la "distruzione" di entità stub su richiesta del modulo HLA. In tal modo le entità simulate vengono ricostruite all'interno di un modulo, ogni volta che questo riceve dei messaggi in formato stringa, composti da attributi dell'oggetto presente sul modulo remoto.. Le entità rappresentate possono essere i lotti, gli ordini i trasporti ed anche le risorse (es. autisti). Nella modellazione specifica degli eventi sensibili per la logistica possiamo identificare i seguenti attributi:

- § Punto di Origine (es. Stabilimento Priolo)
- § Punto di Destinazione (es. Stabilimento Genova Sestri)
- § Responsabile della Modellizzazione del Trasporto (es. BP Shipping)
- § Identificativo Item da Trasportare (es. il codice AHK2399-1 Cumene)
- § Tipologia dell'Item da Trasportare (es. Chemical Bulk)

Altre informazioni vengono poi scambiate a riguardo della tipologia di trasporto. Gli attributi scelti, in questo caso sono:

- § Punto di Origine (es. Stabilimento P&W – USA)
- § Punto di Destinazione (es. Piaggio AI – Genova)
- § Identificativo Item da Trasportare (es. KKF-348873.09-1W4408 – Motore)
- § Tipologia dell'Item da Trasportare (es. Cassa)
- § Stato della Risorsa (es. Libera, Occupata, Prenotata, ecc.)
- § Tempo di Consegna e Trasporto (es. h2.30m da T₀)

Lo sforzo di modellazione ha consentito di definire attributi specifici per la supply chain ma sufficientemente generali per poter integrare altri moduli disponibili in futuro (es. modelli di distribuzione e rete vendita)

ObjectModel (OM)

Un passo importante della fase di concettualizzazione è la costruzione di un ObjectModel (OM). Questo modello contiene tutti gli oggetti significativi; ogni oggetto possiede alcuni attributi e definisce alcune azioni. Il processo produttivo in ogni singolo modello (modulo) produttivo inizia sulla base di una richiesta esplicita e/o su un piano ordini predeterminato (fase di inizializzazione); il trasporto dei prodotti dall'origine alla destinazione è effettuato da un carrier che, su richiesta, provvede ad assegnare al trasporto le risorse necessarie ed a modellarne il processo. Il modello di simulazione utilizzato prevede la gestione degli eventi di tempo significativi sia "ad eventi discreti" sia a "time stepped", il modello è quindi classificabile come modello combinato. Il processo fisico di trasporto è soggetto ad incertezze di tipo stocastico come guasti o manutenzioni improvvise (es. detection di anomalia, deterioramento delle performances, ecc.); al termine di un evento di trasporto il modello carrier può rilasciare l'oggetto a destinazione o assegnarlo ad un nuovo vettore (intermodalità). Tutti gli eventi significativi di interfaccia con il vettore logistico sono gestiti nell'insieme concettuale delle funzioni attribuite al terminal.

Obiettivi della Modellazione

Modellare la supply chain è un progetto complesso. Nello sviluppo di questo sistema è importante rilevare solamente le parti notevoli. Nel progetto tutto ciò che è esterno alla concettualizzazione del supplier, del carrier e del main contractor non verrà considerato.

Il processo è stato progettato per essere implementato con il modello di negoziazione e con un algoritmo per aumentare l'efficienza del coefficiente di utilizzo dei mezzi di trasporto all'interno del modello del carrier. Il processo di negoziazione è implementato tramite la definizione completa dei tre modelli. Nel modello vi sono diversi terminal e diverse destinazioni. I terminal vengono usati come rimessa per i mezzi di trasporto, ma possono anche essere una destinazione di un viaggio.

Assunzioni ed Ipotesi

Per modellizzare il sistema di supply chain attraverso un linguaggio di simulazione sono state fatte alcune assunzioni:

- o I lotti consegnati lasciano il sistema
- o Tutti i processi all'interno del sistema sono disponibili 24 ore al giorno, sette giorni alla settimana (salvo diversa assegnazione delle disponibilità orarie secondo uno schema opportuno).

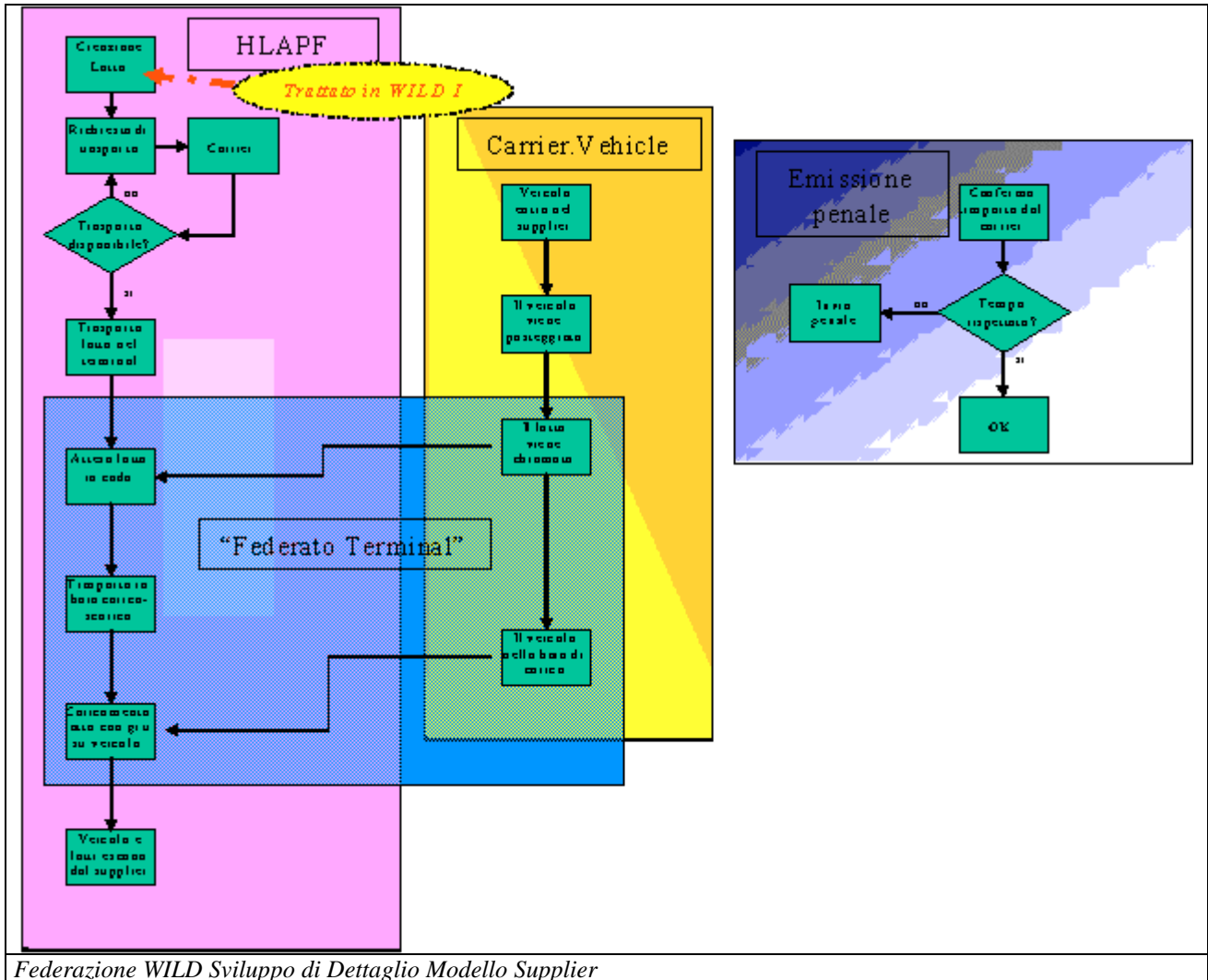
I processi e l'albero decisionale

Per avere una corretta visione dei processi e delle decisioni prese all'interno di questi sia l'albero gestionale che i processi saranno descritti qui di seguito. I processi rappresentano una elaborata descrizione dell'albero decisionale. Per primo verrà descritto il processo del modello Supplier poi

del modello Carrier ed infine del Main Contractor; successivamente verranno spese alcune note per come provvedere per il terminal e per il processo di negoziazione.

Modello Logico di Dettaglio del Federato Supplier (Per Integrazione)

Il modulo del supplier viene raggiunto da tre tipi di oggetti ovvero il mezzo di trasporto vuoto, la conferma della consegna e la risposta alla richiesta di trasporto.

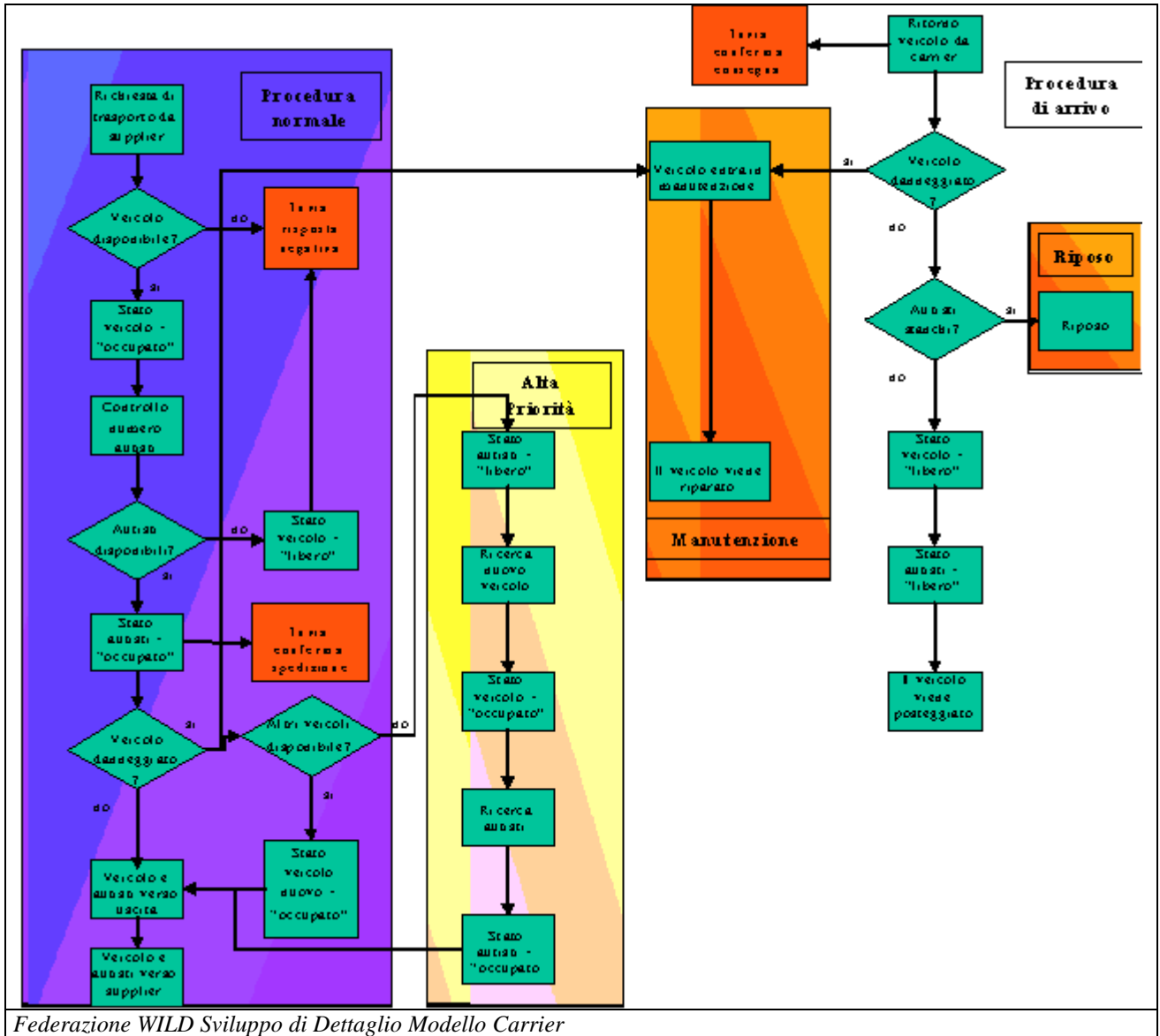


I lotti vengono creati all'interno di questo modulo; quando sono pronti, verrà spedita al carrier una richiesta di trasporto per quel lotto, presso una certa destinazione. Successivamente il carrier spedisce un messaggio confermando o meno la possibilità di eseguire quel determinato trasporto. A seconda della conferma il supplier spedisce il lotto al terminal oppure rinvierà un'altra richiesta di spedizione dopo un determinato tempo. Quando il lotto viene mandato al terminal questo viene aggiunto all'interno del magazzino del terminal. Quando un mezzo di trasporto arriva presso il supplier, viene indirizzato presso la baia di carico e scarico. Successivamente il lotto indicato viene prelevato dal magazzino e poi trasportato verso la baia di carico e scarico; poi, attraverso una gru, viene caricato all'interno del mezzo di trasporto, il quale, una volta pieno, si dirige verso l'uscita. Da lì il veicolo esce dal modulo del supplier. L'evento successivo sarà l'entrata presso il modulo del carrier. Oltre ai mezzi di trasporto vuoti arrivano anche le conferme di consegna. Quando un veicolo rilascia il suo lotto e ritorna presso il modulo del carrier questo spedisce immediatamente la conferma di consegna. Quando questa arriva il supplier controlla se i tempi di trasporto siano stati rispettati o meno.

Se la consegna avviene nei tempi giusti il processo è conforme; in caso contrario il supplier definisce una penale per il carrier e si accorda con il main contractor per provvedere alle mancanze.

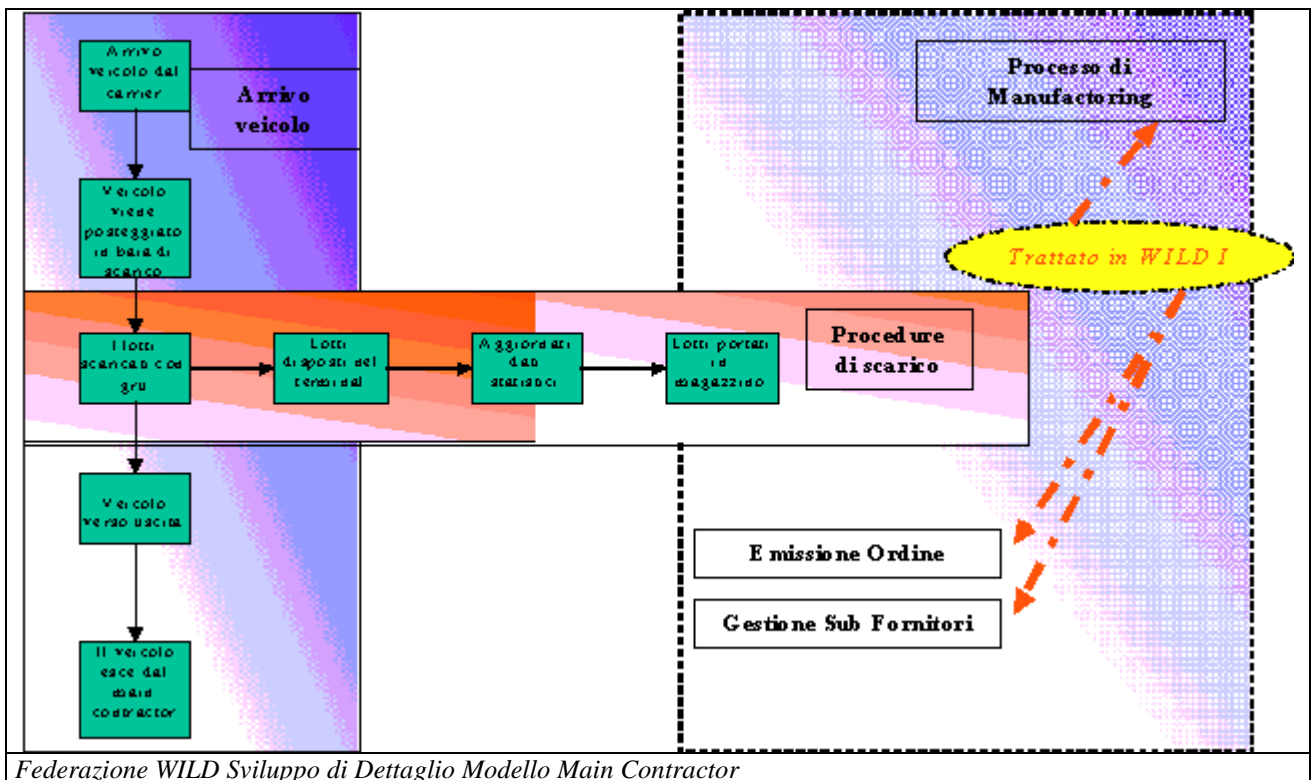
Modello Logico di Dettaglio del Federato Carrier (Per Integrazione)

Presso il carrier arrivano tre oggetti: la richiesta di trasporto da parte del supplier, i veicoli carichi, provenienti dal supplier, e quelli vuoti presso il main contractor.



Quando perviene una richiesta di trasporto per prima cosa il carrier controlla se vi sia un veicolo disponibile per quella determinata destinazione. Se un veicolo è libero lo stato del medesimo verrà aggiornato ad occupato. Successivamente il carrier definirà il numero di autisti necessari al trasporto, a seconda della lunghezza di questo, e, determinandone il numero, controllerà quanti autisti avrà a disposizione, ponendo lo stato degli autisti prescelti uguale a occupato. Nel caso non ci fosse un numero sufficiente di autisti disponibili, allora il veicolo verrà riportato allo stato libero. Se non vi fosse la disponibilità di mezzi o di personale per eseguire la consegna il carrier spedisce al supplier un messaggio di risposta negativa alla richiesta di trasporto; altrimenti verrà spedito un messaggio di conferma. Dopo questo il carrier controlla se il veicolo ha danni o meno. Nel caso non ce ne fossero il veicolo, insieme ai vari autisti, lascia la baia di carico e scarico del carrier per dirigersi verso l'uscita. Da quel momento uscirà dal modulo del carrier e entrerà nel modulo del supplier. Se invece il veicolo necessitasse di operazioni di manutenzione il carrier controllerà se vi

siano altri veicoli disponibili. Se disponibile viene aggiornato il suo stato in occupato e il nuovo veicolo, insieme agli autisti prescelti precedentemente, vengono liberati dalla baia di carico e scarico. Da questo punto seguiranno la procedura normale; se non viene trovato alcun veicolo disponibile, anche gli autisti ridiventano liberi e si ricomincia ora a cercare, con la massima priorità, un nuovo veicolo disponibile. Quando arriva dal supplier un veicolo con uno o più lotti questo passa attraverso il modulo del carrier per dirigersi verso l'uscita del modulo stesso ed entrare nel modulo del main contractor. Quando arriva un veicolo vuoto dal main contractor questo va a posizionarsi all'interno del deposito e successivamente viene mandata una conferma di consegna al supplier. Allo stesso tempo il carrier controlla se il veicolo abbia necessità di manutenzione. In tal caso il veicolo andrebbe, senza gli autisti, nel reparto apposito. Dopo il tempo speso per riparare il veicolo esso ritorna al parcheggio e il suo stato viene riportato allo stato di libero. Se non è necessario alcun intervento di manutenzione lo stato del veicolo viene direttamente riportato a libero mentre il veicolo stesso si dirige verso il posteggio. Successivamente il carrier controlla se l'autista (o gli autisti) necessitino di riposo. Nel primo caso questi verrebbero diretti verso il driver rest dove rimarrebbero per il tempo necessario a riposarsi; altrimenti il carrier aggiornerebbe il loro stato a libero.



Federazione WILD Sviluppo di Dettaglio Modello Main Contractor

Modello Logico di Dettaglio del Federato Main-Contractor (Per Integrazione)

Nel modulo del main contractor arriva un unico oggetto proveniente dal carrier; questo è il veicolo carico di uno o più lotti. Allo stesso tempo il modulo del main contractor invia solamente il veicolo vuoto al carrier. Quando un veicolo arriva viene mandato alla baia di carico e scarico dove aspetterà uno scaricatore. Quando se ne libera uno il veicolo viene indirizzato verso il punto di scarico dove, attraverso una gru, verrà scaricato. I lotti/o vengono immessi nel terminal dove, dopo aver raccolto alcuni dati statistici, verranno eliminati. Quando un veicolo viene scaricato viene registrato il tempo di consegna e il mezzo di trasporto viene diretto verso l'uscita del modulo del main contractor per entrare nel modulo del carrier.

Terminal process

Un terminal process dipende da due oggetti: i lotti e i veicoli. Per questo motivo non si può rappresentare il modello del terminal attraverso un semplice ritardo stocastico, ma occorre un apposito modello. Al momento il modello del terminal è inserito all'interno del modulo del supplier e del main contractor.

DE, Università de L'Aquila

Sviluppo modello concettuale simulatore di trasporto

Stabilita la modalità di partecipazione del federato trasportatore alla federazione globale rappresentante l'intera supply chain si è provveduto a definire le specifiche funzionali che il simulatore trasportatore deve soddisfare. Il problema della simulazione del processo di trasporto, inteso come distribuzione fisica di beni all'interno di una supply chain, implica, infatti, la gestione di una flotta di veicoli al fine di soddisfare il flusso richiesto di materiali attraverso il network logistico. In particolare il modello deve essere in grado simulare sia le attività di pianificazione del trasporto (assegnazione risorse, vehicle scheduling e routing) che le conseguenti azioni fisiche. Sono state dunque individuate 6 classi di funzioni che concorrono globalmente alla esecuzione di una simulazione del processo di trasporto.

1) acquisizione richieste di servizio.

Consiste nell'acquisizione degli ordini di trasporto emessi dagli altri simulatori incluse le caratteristiche fisiche dei beni da trasportare (ingombro, pesi ecc.), i vincoli temporali (date di prelievo e consegna) e le informazioni geografiche sull'ubicazione dei punti di prelievo e consegna.

2) aggregazione dei dati.

Consiste nell'ordinare eventualmente le richieste di servizio secondo un assegnato criterio di priorità e nell'accorpate gli ordini che devono essere evasi da ciascuna risorsa di trasporto. In tal modo ad esempio si definisce un subset di ordini da evadere attraverso una determinata risorsa.

3) immagazzinamento ed analisi dei dati di tipo territoriale.

Consiste nell'utilizzare le informazioni di tipo geografico-territoriale contenute in opportuno database per effettuare i compiti decisionali che da esse dipendono.

4) definizione dei compiti specifici da assegnare alle singole risorse di trasporto.

Consiste nell'assegnare i compiti di dettaglio che ciascuna risorsa deve effettuare, ad esempio stabilire l'effettivo percorso che un trasportatore deve seguire.

5) simulazione dell'utilizzo delle risorse di trasporto.

In funzione dei compiti assegnati alle singole risorse ne viene simulato l'effettivo impiego, ad esempio mediante modelli stocastici si calcola il tempo necessario all'effettuazione delle consegne previste tenendo anche conto della saturazione delle risorse disponibili.

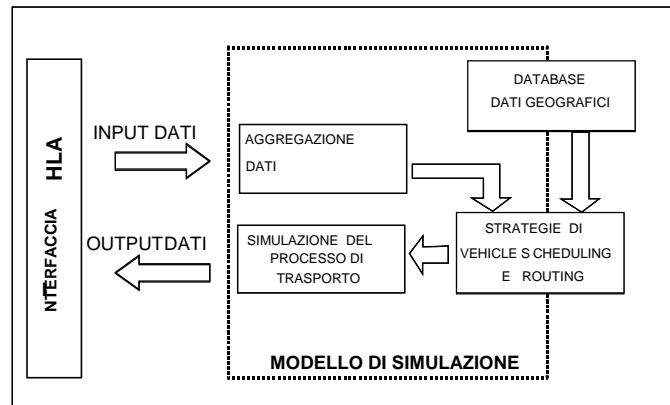
6) output dei risultati della simulazione.

Si trasmettono all'esterno verso i federati interessati i messaggi confermant i l'avvenuta movimentazione delle merci affinché lo stato globale del sistema possa essere aggiornato. Si valutano le prestazioni del sistema mediante indicatori specifici.

Mentre le funzioni 1, 5, 6 devono necessariamente essere svolte dal simulatore del sistema di trasporto, le altre possono essere integrate nel modello di simulazione od essere svolte da applicazioni esterne su richiesta del simulatore. Tuttavia, se da un lato è difficile integrare routines di ottimizzazione all'interno di un modello di simulazione, dall'altro l'utilizzo di applicazioni software esterne potrebbe rallentare eccessivamente la simulazione. Il migliore compromesso è rappresentato dall'utilizzazione, all'interno del simulatore, di regole deterministiche per il decision making, ad esempio mediante euristiche, affidando a database esterni il trattamento della grande quantità di dati ed informazioni.

Nel modello sviluppato è stato deciso di delegare ad applicazione esterna dedicata (piattaforma GIS) il trattamento dei dati geografici mentre sono state inserite nel simulatore solo semplici regole

euristiche per l'aggregazione e la definizione di priorit  negli ordini di trasporto al fine di non appesantire eccessivamente il compito del simulatore a danno della velocit  di esecuzione.



Simulazione del processo di trasporto: schema logico.

DIMEG, Politecnico di Bari

Il lavoro svolto dall'unit  di ricerca ha condotto alla realizzazione, implementazione e coordinamento di modelli rappresentativi del sistema di trasporto ai differenti livelli decisionali (strategico, tattico, operativo). L'attivit  di coordinamento dei modelli sviluppati si   articolata nelle seguenti fasi:

- configurazione del sistema di trasporto per il caso industriale di riferimento;
- definizione di un modello di gestione del sistema di trasporto;
- valutazione delle prestazioni del sistema di trasporto;
- integrazione in ambiente HLA del federato trasporto.

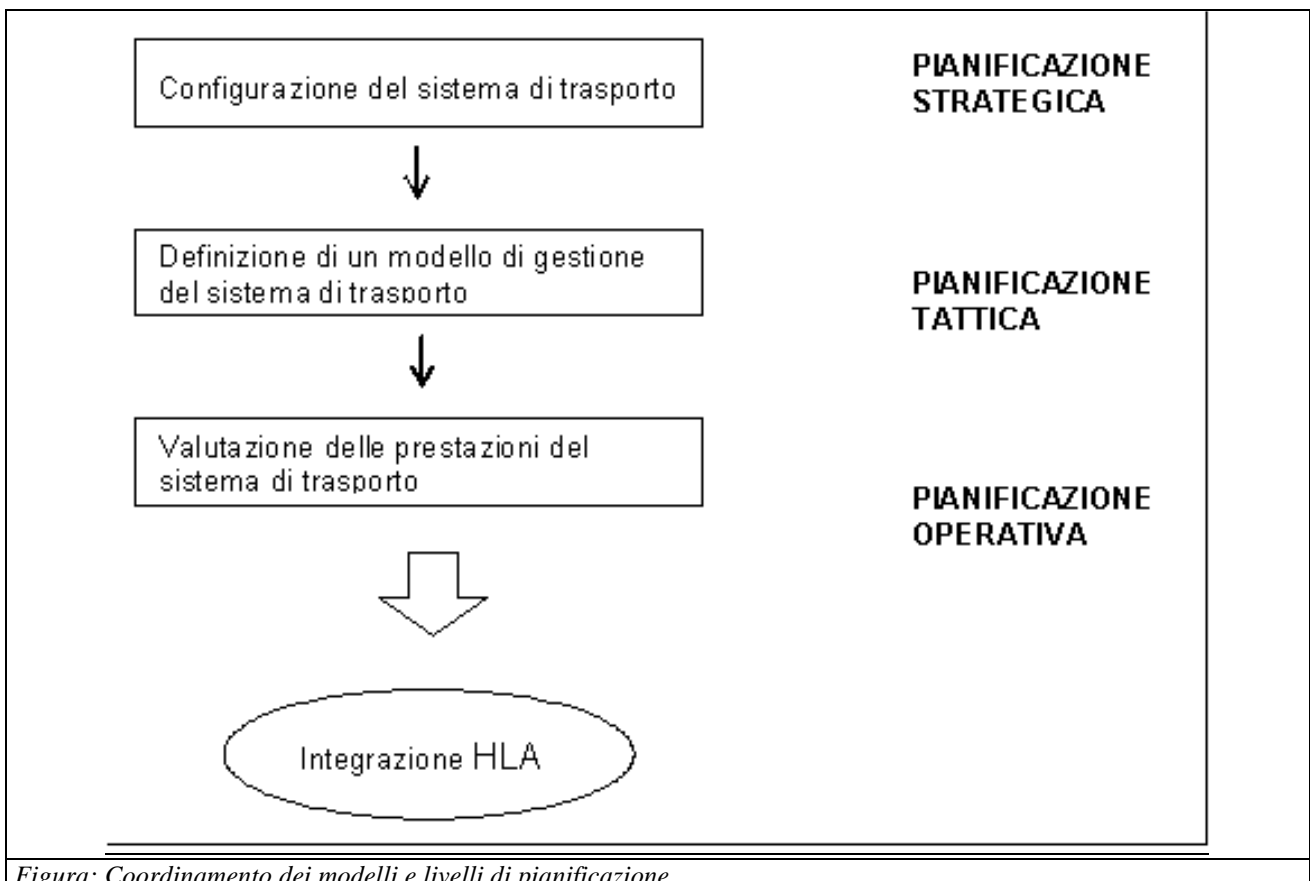


Figura: Coordinamento dei modelli e livelli di pianificazione

Pianificazione strategica del sistema di trasporto

In relazione alle suddette ipotesi, il dimensionamento della capacità di trasporto assume rilevanza strategica nella configurazione del servizio. Infatti, alla disponibilità di un maggior numero di mezzi, corrispondono maggiori capacità di far fronte alla domanda di trasporto. Tuttavia, il costo del servizio risulta più elevato per una maggiore incidenza, sul singolo trasporto, dei costi fissi di mantenimento dei mezzi (e.g. ammortamento, autisti, pedaggi autostradali, assicurazioni, manutenzione ordinaria, rimessaggio). Pertanto, sono state prese in esame configurazioni alternative del servizio di trasporto caratterizzate da differenti dimensioni della flotta di mezzi.

Il confronto fra siffatte strategie logistiche è stato condotto sulla base del trade-off fra i costi fissi di mantenimento dei mezzi ed i costi, cosiddetti “di mancanza”, dovuti alla presumibile applicazione di penali da parte del cliente finale in caso di ritardo di consegna del prodotto. I costi “di mancanza” sono stati determinati in relazione all’ipotesi ulteriore che l’inizio dell’assemblaggio del prodotto presso il main contractor richieda la disponibilità di tutti i componenti. Non si sono invece presi in esame i costi variabili (carburante, manutenzione straordinaria, pedaggi autostradali) in quanto la domanda di trasporto non dipende dalla strategia logistica adottata.

La stocasticità delle prestazioni dei Federati Produttivi ha richiesto la costruzione di un modello di simulazione per il confronto fra le possibili alternative. In relazione a ciascuna strategia logistica si sono determinate le seguenti prestazioni:

- ü *Ritardo totale di consegna*: ritardo accumulato dal servizio di trasporto su tutte le consegne effettuate;
- ü *Trasporti in ritardo*: numero di trasporti effettuati in ritardo;
- ü *Valore atteso del ritardo di consegna*: ritardo medio di consegna(calcolato su tutti i trasporti effettuati).

Pianificazione tattica del sistema di trasporto

Le possibilità di integrazione del flusso di componenti/sottocomponenti nella supply chain oggetto di studio sono state indagate anche con riferimento alla gestione del servizio di trasporto.

A tal fine è stato sviluppato un algoritmo che definisce il comportamento del federato “Trasporto” (FEDTR) sulla base delle seguenti assunzioni:

1. il subcontractor di primo livello richiede il servizio di trasporto per ciascun componente non appena il componente è pronto;
2. il federato FEDTR esegue il trasporto se esiste la propria disponibilità;
3. il trasporto avviene direttamente fra l’unità di produzione e la sede del main contractor: non esistono magazzini intermedi di distribuzione.

In accordo con il tipo di trade-off considerato per il dimensionamento della capacità di trasporto, si è assunta come funzione obiettivo per la gestione dei trasporti nella federazione la *minimizzazione del ritardo di assemblaggio del prodotto per mancanza di componenti*.

L’algoritmo di gestione del servizio di trasporto è basato sulle seguenti regole di priorità:

- œ se la capacità di trasporto è sufficiente a soddisfare interamente la domanda dei subcontractors, tutti i trasporti sono effettuati “as soon as possibile”;
- œ se la capacità di trasporto è inferiore alla domanda, la capacità è saturata considerando, nell’ordine i seguenti criteri:
 - assegnazione del servizio al fornitore che ha maggior ritardo di consegna;
 - assegnazione del servizio al fornitore che ha meno tempo per effettuare la consegna nel rispetto della due-date;
 - assegnazione del servizio al fornitore che ha richiesto prima il trasporto;
 - assegnazione del servizio al fornitore con tempo di processo minore al fine di contenere le dimensioni del magazzino prodotti finiti presso i fornitori.

Pianificazione operativa del sistema di trasporto

La logica proposta per la gestione operativa del servizio di trasporto è stata riprodotta in un modello di simulazione al fine di testarne l'efficacia e di consentire l'integrazione del Federato Trasporto in ambiente HLA.

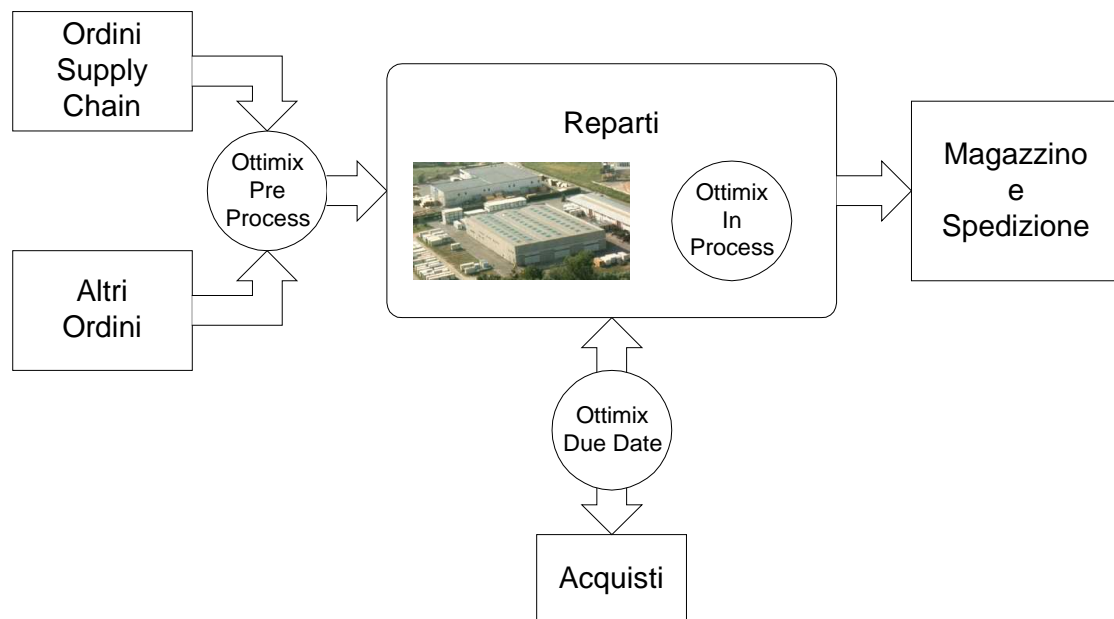
Il modello sviluppato, in relazione ad una assegnata strategia logistica, consente di determinare le seguenti prestazioni del servizio di trasporto:

- *Incidenza dei ritardi*: percentuale dei trasporti effettuata in ritardo per fornitore;
- *Entità dei ritardi*: tempo medio di attesa del servizio per ciascun fornitore (calcolato sui trasporti effettuati in ritardo);
- *Valore atteso del ritardo*: tempo medio di attesa del servizio per ciascun fornitore (calcolato su tutti i trasporti effettuati).

Per quanto concerne la valutazione delle prestazioni del sistema di trasporto e l'integrazione in ambiente HLA del federato trasporto si rimanda ai successivi paragrafi.

DIMEC, Università di Salerno

I singoli modelli aziendali realizzati sono caratterizzati da un'estrema semplicità volta ad agevolare lo studio degli indici prestazionali testati per la caratterizzazione del sistema di monitoraggio. Tale sistema, sviluppato in modalità stand alone, ha una struttura del tipo illustrato in figura.



Schema del modello

Tutti gli ordini di produzione, appartenenti e non alla catena di subfornitura da monitorare, vengono analizzati dalla procedura di rilevazione ed ottimizzazione delle performance e successivamente inviati alla produzione secondo regole di priorità.

Tale analisi viene reiterata per tutto il corso della lavorazione, ogni volta che la commessa sarà trasferita da un reparto di lavorazione ad un altro, in quanto, nel frattempo, gli indici che indicano localmente lo stato delle commesse potrebbero essere variati.

Il meccanismo di ottimizzazione sarà successivamente impiegato anche per l'assegnazione delle "due date" da assegnare alle richieste di approvvigionamento inoltrate ai subfornitori.

Lo sviluppo dei modelli, pur seguendo in generale lo schema appena visto, è stato successivamente applicato, con le opportune modifiche, alle diverse sperimentazioni condotte. Sono stati, infatti, sviluppati i seguenti 3 modelli: il modello di rilevamento delle performance, il modello per l'ottimizzazione intelligente degli indici, il modello per il confronto on-line degli scenari produttivi.

VERIFICA DEI SINGOLI MODELLI

DIP, Università di Genova

Indicatori di Performance

Per avere una visione chiara della concettualizzazione e favorire la successiva fase di Verifica, Validazione ed Accredimento, è necessario determinare degli indicatori di Performance opportuni. Questi indicatori permettono di determinare la performance del modello e di avere dei termini di paragone nel caso in cui alcune modifiche venissero apportate a uno o più moduli. In questo modo può essere valorizzata l'influenza di ogni singola variabile.

- *Transportation time*: Indica il numero delle ore necessarie per trasportare i lotti alla destinazione finale e il ritorno fino al terminal più vicino. Attraverso un'analisi di questo parametro è possibile ottimizzare il numero degli autisti che deve essere impiegato per determinate distanze.
- *Number of load refused*: Indica il numero dei lotti non trasportati dal carrier. Quando, sia il numero dei lotti in tempo sia il numero dei lotti lasciati è alto, il sistema non è correttamente bilanciato. Questo indicatore è uno dei più efficaci indicatori per avere un giudizio obbiettivo sul carrier.
- *Transportation cost*: Il costo di trasporto indica il costo necessario al veicolo per consegnare i lotti al main contractor. Ciò può dipendere dal numero di autisti usati. Un costo molto alto può indicare un carrier troppo costoso oppure una integrazione insufficiente della supply chain.
- *Coefficiente di utilizzo*: Viene usato sia per i veicoli che per i punti di carico e scarico, le gru e gli autisti. Quando questo coefficiente è maggiore del 80 % bisognerebbe aggiungere una risorsa a quel tipo di oggetto; infatti, ad esempio, nel caso di una gru, aggiungendone un'altra tutto il sistema sarebbe più rilassato; in tal modo, nel caso in cui il numero dei lotti aumentasse, si avrebbe meno rischio di un sovraccarico del lavoro delle gru.
- *Penalità*: Simile al numero di lotti non trasportati, indica il numero di penalità che vengono applicate quando un lotto non viene consegnato in tempo. È il supplier ad emettere la penale nei confronti del carrier quando riceve la conferma di consegna. Il supplier dovrà anche pagare una penale al main contractor per rimborsargli le eventuali sofferenze causate dal ritardo stesso. Le penalità possono anche essere incoraggianti per il carrier permettendogli di ottimizzare il suo sistema.
- *Benefit due to negotiation*: Può essere usato per esaminare l'influenza della rinegoziazione. Il modello può essere lanciato con o senza il sistema di rinegoziazione. Usando questo è possibile vedere se il sistema di rinegoziazione abbia un'influenza positiva oppure no.

Di seguito vengono specificati gli oggetti, i processi e i tempi di carico-scarico all'interno dei processi stessi. Per prima cosa verranno descritti i dati usati e successivamente tutte le assunzioni decise.

Dati e semplificazioni

Distanza tra diverse destinazioni

Le distanze tra le diverse sedi aziendali e i terminal sono dati calcolati attraverso lo stradario Michelin 2002. Sono state riportate le distanze tra i principali capoluoghi di provincia coinvolti nella supply chain. Attraverso queste distanze il simulatore calcolerà ogni volta il percorso più conveniente per quei carichi aventi diverse destinazioni.

Processo di calcolo dei costi

Il calcolo dei costi di trasporto dipende dal numero di chilometri percorsi, dal numero degli autisti impiegati per quel determinato viaggio e il tempo totale per la consegna dei lotti. Il modello è in grado di scegliere se usare uno o due autisti. In questo modo è possibile fare un confronto tra i termini di costo e di tempi di consegna. Questa scelta viene fatta prima di lanciare il modello.

Quando viene usato un unico driver, questo può guidare solamente per non più di otto ore consecutive. Superate le otto ore, l'autista deve riposarsi per un periodo non inferiore al tempo di guida. La media delle ore di guida per ogni autista è di 12 ore al giorno. Nel caso in cui si usassero due autisti su un veicolo questi può viaggiare per 16 ore al giorno, poi gli autisti debbono riposare per almeno otto ore. I costi per ora si basano sul costo dell'intera giornata. Questi costi includono anche i costi fissi per un trasporto. Ovviamente dietro ai costi fissi ci sono anche i costi variabili. Questi costi aumentano all'aumentare dei chilometri percorsi. Il coefficiente di costo variabile per un trasporto, ipotizzato, è di 0,35 €/km. In aggiunta vengono considerati i costi dei diversi terminal.

Assunzioni e semplificazioni (modello Carrier ed Integrazione)

Le assunzioni sono state prese per inserire elementi, all'interno del modello, di cui non si conosce il comportamento esatto.

1. Il supplier crea lotti basandosi su dati storici. Normalmente un supplier produce i suoi pezzi a seconda degli ordini del cliente, ma in questo caso, poiché la gestione degli ordini non viene considerata all'interno del progetto, i lotti sono creati sulla base dei dati storici.
2. Quando un autista aspetta per il viaggio seguente, questo tempo di attesa non viene considerato come tempo di lavoro; ciò perché vi è un numero illimitato di autisti e, quando uno di questi non può essere presente, viene subito rimpiazzato da un altro.
3. Quando un veicolo ha un autista, può viaggiare solo per 12h al giorno; infatti, un autista deve riposare almeno 8 ore per ogni 8 ore di viaggio. Nel caso ci fossero 2 autisti sul veicolo, entrambi possono viaggiare per 8 ore ciascuno, per poi avere in contemporanea 8 ore di riposo. Così con 2 autisti un veicolo può viaggiare per 16h al giorno.
4. Danneggiamento dei veicoli. Un veicolo non può danneggiarsi durante un viaggio poiché Arena™ 5.0 non prevede tale possibilità. Prima che un TIR parta dal modulo del carrier per caricare i lotti nel modulo supplier questo viene controllato; nel caso questi sia soggetto a possibili danneggiamento un altro veicolo verrà inviato al supplier, mentre il mezzo "danneggiato" verrà portato nella zona di manutenzione.
5. I diversi moduli comunicano tra loro attraverso dati di tipo stringa. Infatti i principali Tools di simulazione COTS (i.e. Arena™ 5.0 VBA) non sempre supportano specifiche funzioni per userform.
6. Ogni veicolo ha una capacità massima di 10 lotti per viaggio (modificabile in fase di setup).

Semplificazioni (Ipotesi)

Idea generale di una simulazione è quella di avere una tecnica di approccio per un sistema descrittivo all'interno del progetto. Per questo motivo vengono apportate le semplificazioni, descritte nel seguito:

1. Il numero totale di lotti per ogni richiesta non può superare le 10 unità; infatti, per ogni richiesta, viene assegnato un veicolo e, poiché la capacità massima dei veicoli è di 10 lotti, ciò vuol dire che, per essere soddisfatta, non deve eccedere le 10 unità.
2. Il numero delle destinazioni possibili prese in considerazione è 11, 3 delle quali sono dei terminal. È stata scelta questa numerosità per dimostrare la pratica applicabilità della metodologia; aggiungere, infatti, altre destinazioni non contribuirebbe a migliorare la completezza dell'esempio proposto. I terminal utilizzati nella fase dimostrativa su rete geografica estesa sono stati: Rotterdam, Berlino e Genova. Altre destinazioni incluse nell'implementazione di esempio sono: Oslo, Varsavia, Vienna, Praga, Roma, Madrid, Lisbona e Amsterdam.
3. Quando un carrier arriva presso la baia di carico-scarico del supplier o del main contractor, troverà sempre un punto di scarico.
4. Le Risorse Umane all'interno del terminal del supplier e del main contractor non sono simulate. Gli unici lavoratori considerati all'interno del modello sono gli autisti e i trasportatori.

SVILUPPO DI MODELLO DI FEDERAZIONE

DIP, Università di Genova

Il modello di federazione sviluppato è stato impostato sulla logica funzionale dei simulatori GG, dei quali la nuova architettura ha ereditato l'approccio modulare e la versatilità, introducendo, nel contempo, elementi innovativi come la capacità di interfacciarsi dinamicamente con le basi dati relazionali (JDBC-ODBC Bridge™, e Driver JDBC™ proprietari) o l'integrazione con le funzionalità negoziali e di trasporto.

Il modello di simulazione è stocastico con avanzamento ad intervalli di tempo discreti in modalità sia Time Stepped che Next Event. Tale scelta deriva dalla sostanziale necessità di interfacciare, nella federazione HLA, modelli di simulazione realizzati con strumenti COTS e, quindi controllabili solo mediante un avanzamento temporale ad intervalli di tempo costanti. L'approccio di integrazione HORUS utilizzato richiede infatti che venga definito un intervallo temporale di avanzamento costante nel quale il modello di simulazione distribuito può computare le sue variabili di stato e successivamente aggiornarne la copia remota presente in ogni federato WILD.

Lo schema concettuale della simulazione prevede allora un motore di simulazione alimentato ad intervalli di tempo costanti ed una procedura di determinazione degli eventi intermedi basata su tecnica Montecarlo. In tal maniera il simulatore determina la durata delle sue fasi di lavorazione interne mediante il ricorso ad opportune distribuzioni statistiche (in generale Beta e Standard) e successivamente in funzione del tempo simulato aggiorna l'avanzamento dell'esecuzione di tali fasi sulle risorse corrispondenti. Per ovvie esigenze di sviluppo la Sede di Genova ha provveduto alla realizzazione ed implementazione di tutti i modelli di simulazione federati ricorrendo ad un proprio schema componenti basato su unità modulari riconfigurabili. Tali unità denominate RR_HLA simulator sono composte dai seguenti componenti base.

Unità di Gestione Base Dati Realizzata con tecnologia JDBC™ consente al modello di simulazione/pianificazione WILD di interfacciarsi con una database relazionale di transito in MS-ACCESS™ per la configurazione dei parametri previsti: portafoglio ordini, distinta base, gestione spedizioni/lettere di carico, contabilità e gestione costi, magazzini, ecc. Consente inoltre la gestione degli scenari di simulazione e la traccia dei risultati simulati in modo da poter attuare il "Mission Rehearsal" successivo al run della simulazione; la base dati utilizzata è stata, inoltre, testata anche sotto ambienti Oracle™, utilizzando i due prodotti commerciali Oracle 9i Lite™ (JDBC Type 2 e Type 4™) e Oracle 9i DBMS™, nonché utilizzando il middleware IDS Server™ di IDS Software™ (JDBC Type 3™). Rimane inoltre la possibilità di connettere l'applicazione direttamente sulla base dati relazionale dell'ERP aziendale definendo opportune tabelle di raccordo.

Unità di Gestione Modulo Produttivo Procedo alla simulazione del processo produttivo mediante controllo dell'avanzamento simulato delle commesse aperte, del controllo delle risorse relative e dei fabbisogni di materiali e materie prime. Il processo di simulazione viene gestito a livello di singolo item/risorsa e dispone di una procedura di generazione del fabbisogno multilivello. In tal maniera è possibile definire una distinta base ed una lavorazione del tutto simile a quella utilizzata nell'ERP aziendale.

Unità di Gestione Vettori Logistici consente il controllo del processo gestionale logistico mediante l'invio di opportuni ordini di trasporto ai federati carriers e la tracciatura a destinazione delle consegne.

Unità di Gestione della Negoziazione Distribuita (Autonomous Agent) E' responsabile della gestione operativa della negoziazione mediante la valutazione dello scenario operativo corrente del simulatore (runtime) e la successiva azione negoziale nei confronti dei federati. Al suo interno integra un algoritmo di analisi e stima dei ritardi di produzione basato su metamodelli di nested simulation, un algoritmo di valutazione delle offerte ricevute ed uno di proposta di accordo. Viene attivato periodicamente (time step) ed ogniqualvolta l'agente di pianificazione interna posiziona un ordine in portafoglio/produzione.

Unità di Contabilizzazione dei Costi E' responsabile della contabilizzazione e stima dei costi gestionali ed operativi correnti la simulazione (es. WIP, Inventory, Risorse, Penali, ecc.) nonché della stima dei ricavi per cessioni a clienti e penali da fornitori, collabora con l'agente di Gestione della Negoziazione Distribuita.

Unità di Gestione e Sincronizzazione Eventi HLA Provvede alla creazione, sincronizzazione e gestione della federazione HLA come framework di simulazione distribuita, presidia inoltre le funzioni di configurazione dello scambio di informazioni (publications/subscriptions) e la gestione della cifratura (ComSec).

Unità di Riconfigurazione Simulatore: Fornisce l'interfaccia per la configurazione rapida del simulatore mediante l'impostazione dei parametri sintetici di lancio e controllo (es. impostazione strategie, impostazione Replenishment Algorithm, ecc.).

Sviluppo ed Implementazione

L'implementazione del modello di simulazione e dell'infrastruttura relativa è stata effettuata in Java 2 (SDK 1.3.1_01 Sun) in modo da garantire il necessario livello di interoperatività tra le piattaforme disponibili. Per la parte di simulazione ci si è avvalsi di librerie proprietarie mentre per la parte di simulazione distribuita e HLA si è utilizzato l'RTI1.3v7 e Java Binding 1r2v3,4,5,6,7 distribuita dal DMSO (Department of Modelling and Simulation) del DoD (Department of Defense – Ministero Difesa USA). Per la parte di gestione e visualizzazione dello scenario 3D-VR si è utilizzata l'API Java3D Open GL™ di SUN Microsystem. Per le fasi preliminari di sviluppo della federazione si è provveduto, inoltre, alla realizzazione di una federazione di test mediante tool di simulazione Simul8™.

Simul8™ è un tool di simulazione COTS sviluppato dalla Visual Thinking International inc. in grado di modellare processi produttivi sviluppabili come combinazione delle seguenti entità fondamentali:

- § -Work Item Type
- § -Work Center
- § -Resource
- § -Storage Bin
- § -Work Entry Point
- § -Work Complete
- § -Conveyor

Tali entità fondamentali consentono la rappresentazione dei fenomeni dinamici tipici della produzione industriale ed in particolare permettono la modellizzazione accurata dell'elemento stocastico attraverso l'utilizzo delle tecniche Montecarlo sulle principali distribuzioni di frequenza. Esaminando meglio in dettaglio le caratteristiche delle entità base di Simul8™ troviamo.

- *Work Item Type*: rappresenta l'oggetto passivo della simulazione, ovvero quell'entità (materiale od immateriale) che subisce il processo di trasformazione nel corso della simulazione stessa. Tale oggetto viene caratterizzato da Attributi (peso, dimensione, tipologia, caratteristiche, ecc.) che prendono il nome di Labels. Ogni Label può essere modificata nel corso della simulazione per meglio rappresentare l'evoluzione che il Work Item Type subisce: es. da semilavorato Label Codice AHKJ a prodotto finito Label Codice XJKY. Ogni Work Item Type viene associato ad una rappresentazione grafica utile per la verifica formale del simulatore.
- *Work Center*: costituisce l'elemento attivo della simulazione in quanto esegue operazioni e trasformazioni sui Work Item Types richiedendo le Resources per un dato periodo di tempo distribuito secondo una delle usuali distribuzioni statistiche integrate nel tool. Il Work Center permette inoltre di specificare il comportamento del centro di lavoro rispetto ai guasti e alle manutenzioni attraverso la definizione del parametro efficienza, come rapporto tra il tempo operativo ed il tempo di calendario o tramite il dettaglio del MTBF (Mean Time Between Failure) e del MTTR (Mean Time To Repair).

- *Resources*: Costituiscono l'elemento umano della simulazione e vengono impiegate dai Work Centers per eseguire le lavorazioni sui Work Item Types; la loro disponibilità è definita con un Shift Pattern che consente di modellare la turnazione o tenere conto dell'impatto degli straordinari sui costi di produzione.
- *Storage Bins*: Sono i depositi ed i magazzini intermedi dimensionabili in quantità e dimensione ed in grado di monitorare i tempi medi di giacenza e di provvedere a segregare gli items la cui permanenza nel magazzino è stata superiore ad un valore prefissato.
- *Work Entry Points*: Modellano i processi di arrivo (generazione) dei Work Item Types all'interno del mondo simulato secondo preordinate distribuzioni di frequenza e sono i motori della simulazione.
- *Work Complete*: distrugge i Work Item Types una volta che questi lasciano la simulazione consentendo la registrazione delle statistiche sui tempi e processi di produzione.
- *Conveyor*: Modellano i processi di movimentazione continui (Nastri Trasportatori, Catene Aeree, etc.) permettendo di rappresentare con un sufficiente grado di realismo la movimentazione interna degli stabilimenti produttivi.

La scelta di tale strumento è stata dettata dalla necessità di dover validare l'integrazione delle varie componenti (federati) in maniera rapida prima di poter passare alla definizione dei simulatori Design for Purpose finali; in fase di configurazione finale il modello di federato-carrier sviluppato in Simul8™ è stato mantenuto e fatto evolvere nel federato Carrier-terminal definitivo. Tale scelta ha permesso di poter testare l'integrabilità del tool HORUS 1.1 nella federazione WILD e di sviluppare un modello ibrido di processo logistico-transporto obiettivo anch'esso del progetto di ricerca.

La configurazione definitiva della federazione WILD II ha visto quindi lo sviluppo, a cura del DIP dell'Università di Genova, di tutti gli aspetti del progetto ed il rilascio del software corrispondente; è comunque possibile, da parte delle altre sedi consorziate, a seguito dello sviluppo dei loro modelli, l'integrazione nella federazione.

MODULI PREVISIONALI

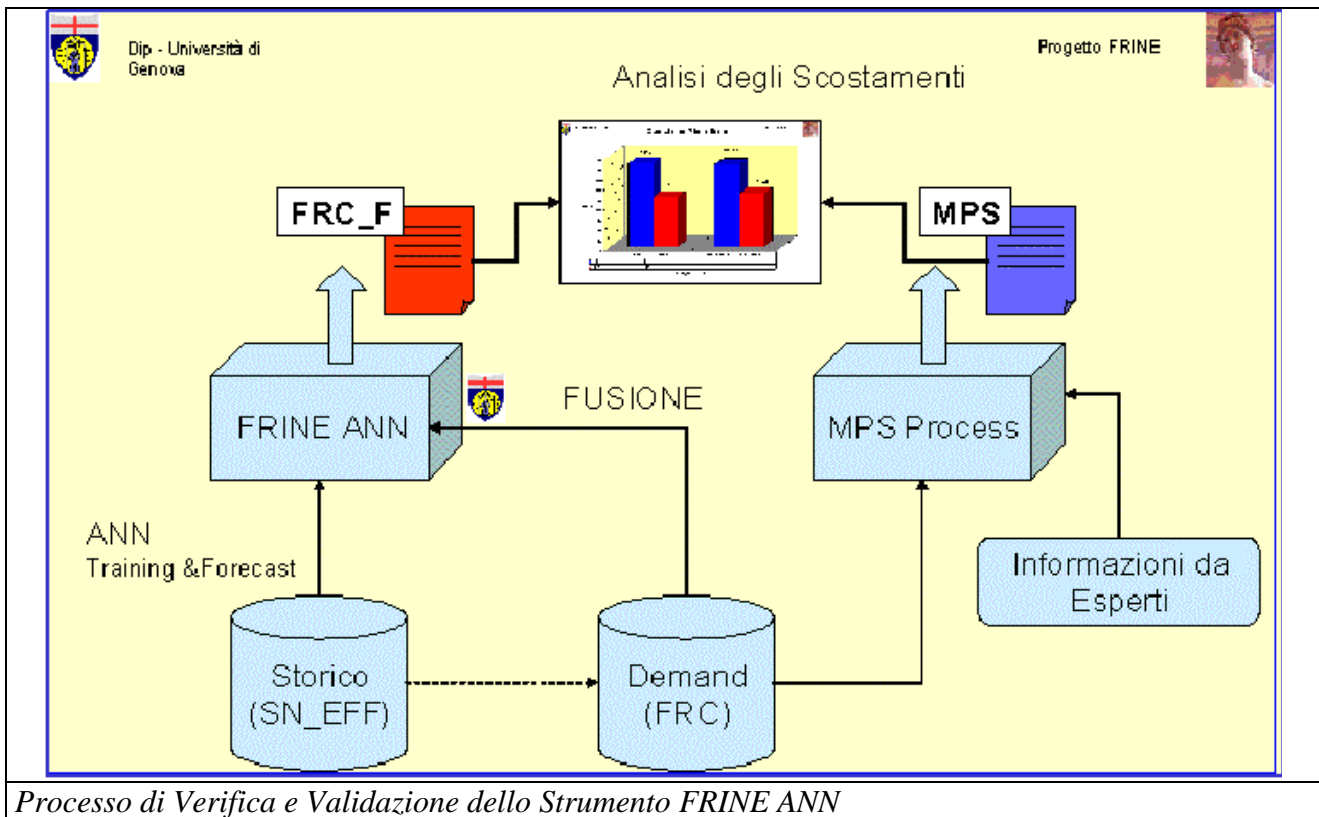
DIP, Università di Genova

La Gestione della Demand: Integrazione tra WILD e FRINE

L'Approccio Metodologico proposto da FRINE (Forecast Robust INtelligent Evaluator)

Il progetto realizzato ha portato allo sviluppo di diversi applicativi da impiegare attivamente all'interno di una metodologia procedurale basata sull'impiego sistematico di strumenti quantitativi. Il sistema in esame, anche sulla base di analogie condotte con realtà aziendali simili (i.e. Lucent Technologies), valutate sulla base di contatti e cooperazioni attualmente attive con colleghi internazionali, conferma la sua criticità legata all'impossibilità di procedere ad un planning della produzione di tipo tradizionale basata su forecasts che in realtà risultano estremamente incerti, a fronte di un mercato fortemente dinamico e considerando il rischio elevato di obsolescenza e di immobilizzo. I forecasts, già a livello aggregato commerciale, sono sensibilmente variabili; risulta necessario, pertanto, ridisegnare la supply chain considerando organicamente capacità produttiva e analisi della domanda, ovviamente da integrarsi con la necessità di valorizzare, ove possibili, comunanze basate sia sulla ridefinizione dei contributi dei fornitori (e quindi dei federati subcontractors) che sulla logica di accorpamento dei prodotti stessi (es. ridefinizione di componenti e prodotti standard). In questa ottica l'applicazione dell'approccio proposto da FRINE consente di introdurre all'interno dei processi aziendali strumenti di analisi quantitativa del fenomeno destinati ad essere efficaci Decision Support System. Tale aspetto assume particolare importanza per i federati subcontractors che producono componenti da catalogo con personalizzazioni spinte e che si rapportano anche con clienti esterni alla catena logistica modellata; nel caso infatti di un produttore di poltrone (es. poltrone d'aereo, poltrone per fast-ferries, ecc.) che produce anche per la linea del Piaggio P180, risulta significativo il poter programmare la propria produzione sulla base di

informazioni più attendibili rispetto a solo quelle disponibili a livello commerciale. Lo strumento FRINE, in tal maniera si colloca come ausilio alla generazione del MPS (Master Production Schedule) mediante l'integrazione di uno strumento revisionale basato su modelli neurali ed un algoritmo di fusione delle previsioni disponibili in azienda.



Processo di Verifica e Validazione dello Strumento FRINE ANN

L'analisi della demand, sulla base dei dati part numbers e delle consumptions, tramite modelli neurali intelligenti fornisce un utile supporto per bilanciare correttamente la conoscenza implicita del fenomeno con i forecasts prettamente commerciali, mentre un idoneo strumento di valutazione delle performances della previsione, denominato FRINE Metrics, consente di controllarne con continuità precisione ed efficacia. L'impiego dello strumento, in abbinamento allo strumento di simulazione, diventa quindi un importante supporto che fornisce una base di riferimento nella stima delle conseguenze di determinate scelte e nella valutazione dei rischi e della customer satisfaction; detto approccio fornisce ai decision makers gli elementi per una più rapida ed oggettiva valutazione quantitativa delle possibili alternative. La metrica proposta da questo sviluppo di FRINE è una prima proposta mirata a costruire una base di riferimento per valutare quattro fondamentali sorgenti di rischio nel processo di planning: l'efficacia dei forecasts, l'efficacia della pianificazioni a priori, la capacità reattiva del sistema produttivo e la misura dell'impatto di scelte e cambiamenti sul livello effettivo di customer satisfaction.

Evidentemente risulterà fondamentale nella fase di eventuale introduzione operativa in Azienda degli strumenti FRINE, un continuo controllo delle relative potenzialità e di eventuali aree critiche che possano essere coperte da futuri sviluppi. D'altro canto la potenzialità intrinseca dello strumento neurale consente una notevole flessibilità di adattamento dei modelli alle varie dinamiche produttive, svincolando l'operatore da complesse attività di "trattamento" della demand spesso basate sulle sensazioni personali o l'esperienza. La possibilità offerta dal modulo FRINE, di integrare le previsioni commerciali con quelle generate dai modelli neurali permette di graduare, a livello di singola referenza il livello di intervento dell'operatore "umano" nel processo di generazione del MPS. In tal modo si potranno trattare "ad hoc" le referenze di maggior peso economico (es. parti per il controllo dei motori) lasciando al sistema la generazione e la verifica del MPS per le parti caratterizzate da un impegno economico minore.

FRINE come Strumento Integrato Operativo

Dal punto di vista operativo gli strumenti FRINE si collocano nel processo di generazione del planning di produzione in varie fasi e vanno considerati comunque in modo integrato.

A partire dai dati di forecasts e sulla base della demand effettiva rilevata, FRINE ANN consente di generare un forecast neurale (FRC_ANN.txt), un forecast ottenuto come fusione commerciale/neurale (FRC_F.txt) ed una attesa di demand fornita dai soli modelli neurali (ANN_demand.txt); l'elevato livello di dettaglio delle caratteristiche degli ordini puo' consentire un elevato livello di personalizzazione dell'elaborazione mirata ai singoli part numbers.

L'integrazione dell'approccio FRINE con il Simulatore WILD RR_HLA consente, inoltre, di generare una valutazione della demand e delle esigenze della produzione plausibili con la produzione impostata in modo da supportare la pianificazione in maniera più efficiente. La valutazione effettiva di oneri gestionali (WIP, Inventory) e livello di customer satisfaction (Penalties Paid), a livello aggregato e di singola referenza, consente di migliorare il planning impostato ed i relativi criteri gestionali. Il controllo del processo viene fortemente supportato da FRINE Metrics tramite il quale vengono generati gli indici di performances relativi a previsioni, MPS, produzione ed effettivo livello di customer satisfaction. Dal punto di vista dell'integrabilità dell'approccio proposto nel sistema informativo aziendale, FRINE è mantenuto aggiornato sulla base dati impiegata direttamente dal sistema ERP (i.e BAAN, SAP R/3, JDEdwards, ecc.) e dagli strumenti già' attivamente in uso (es. file ASCII di interscambio dati generati da idonee procedure batch) onde massimizzare la sinergia senza rischiare duplicazioni ed appesantimenti. L'impiego operativo della metodologia FRINE consente di evidenziare le aree critiche e le sorgenti di problemi ove concentrare successivi studi ed analisi per ottenere soluzioni efficaci.

FRINE: Architettura dell'Approccio Proposto

FRINE e' uno strumento articolato che nel suo complesso mira a valutare in anticipo (con l'ausilio di un Simulatore) gli effetti delle previsioni commerciali sia in termini di oneri di capitale immobilizzato, sia in termini di customer satisfaction, provvedendo nel contempo una migliore qualità della previsione utilizzata. Tale strumento integra un modello intelligente basato su una serie di modelli neurali (ANN: Artificial Neural Networks) capaci di integrare la previsione commerciale della domanda con i dati precedenti registrati.

Reti neurali come approssimatori universali

La principale applicazione nel campo della gestione di impianti industriali riguarda la capacità delle architetture neurali di essere impiegate come regressori universali. Questa importante caratteristica risulta evidente da due importanti teoremi dovuti a Kolmogorov e successivamente ripresi da altri studiosi.

Teoremi di Kolmogorov

Kolmogorov ha dimostrato che una qualsiasi funzione continua di più variabili in un intervallo chiuso e limitato può essere rappresentata come insieme di funzioni di una sola variabile.

Teorema 1: Qualsiasi funzione reale $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ definita in $[0,1]^n$, $n \geq 2$ può essere rappresentata nella forma:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^n g_j \left[\sum_{i=1}^n \phi_{ij}(x_i) \right]$$

Dove g_j sono funzioni continue di una variabile opportunamente scelte e ϕ_{ij} sono funzioni continue, monotone, crescenti, indipendenti di f .

Teorema 2: Sia ϕ una qualsiasi funzione di tipo sigmoideale, ad esempio: $\phi(\xi) = 1/(1 + e^{-\xi})$ allora data una qualsiasi funzione reale $f : [0,1]^n \longrightarrow \mathbb{R}$ e fissato comunque $\varepsilon > 0$ esiste un vettore $w = w_1, w_2 \dots w_n$ ed esistono α e θ di una funzione parametrica $G(x, w, \alpha, \theta) : [0,1]^n \longrightarrow \mathbb{R}$ tale che:

$$|G(x, w, \alpha, \theta) - f(x)| < \varepsilon \quad \forall x \in [0,1]^n$$

dove:

$$G(x, w, \alpha, \theta) = \sum_{j=1}^n \alpha_j \phi(w_j^T x + \theta_j)$$

Con $w \in \mathbb{R}^n$; $\alpha_j, \theta_j \in \mathbb{R}$

$$\forall \delta > 0 : |y_i - f(x_{i-1})| < \delta$$

Questo teorema fu successivamente sviluppato da Sprecher Kahane e Lorentz in termini di reti neurali affermando che ogni funzione continua di d variabili di ingresso x_i in un'uscita y può essere rappresentata da una rete neurale a tre strati con unità $d(2d+1)$ nel primo strato nascosto e $2d+1$ unità nel secondo strato nascosto. Più direttamente in termini di reti neurali Cybenko ha dimostrato per la prima volta che un perceptrone multistrato con un singolo strato nascosto è sufficiente per approssimare uniformemente ogni funzione continua con supporto in un ipercubo unitario.

Teorema di Approssimazione Universale (Cybenko, Funahashi, Hornik et al.)

Sia ω una funzione continua limitata e monotona definita nell'ipercubo a p dimensioni $I_p = [0,1]^p$ denotiamo con $C(I_p)$ lo spazio delle funzioni continue su I_p . Allora data una qualsiasi funzione $f(x) \in I_p$ con $\varepsilon > 0$, esiste un intero M e un insieme di costanti reali $\alpha(i)$, $\eta(i)$ e w_{ij} tali che:

$$F(x_1 \dots x_p) = \sum_{i=1}^M \alpha_i \omega\left(\sum_{j=1}^p w_{ij} x_j - \eta_i\right)$$

$$|F(x_1 \dots x_p) - f(x_1 \dots x_p)| < \varepsilon$$

Per ogni $(x_1 \dots x_p) \in I_p$; risulta chiaro che nota una funzione che soddisfa alle condizioni sopra previste, ed in generale questo è vero per le principali applicazioni gestionali, è possibile costruire una rete neurale che l'approssimi ad un voluto grado di precisione. Come precisato da Cybenko tale architettura neurale può essere realizzata con un solo strato di neuroni nascosti, sebbene non è detto che tale scelta sia sempre la migliore sul piano della velocità di apprendimento.

Previsione su Serie Storica: Approccio Neurale.

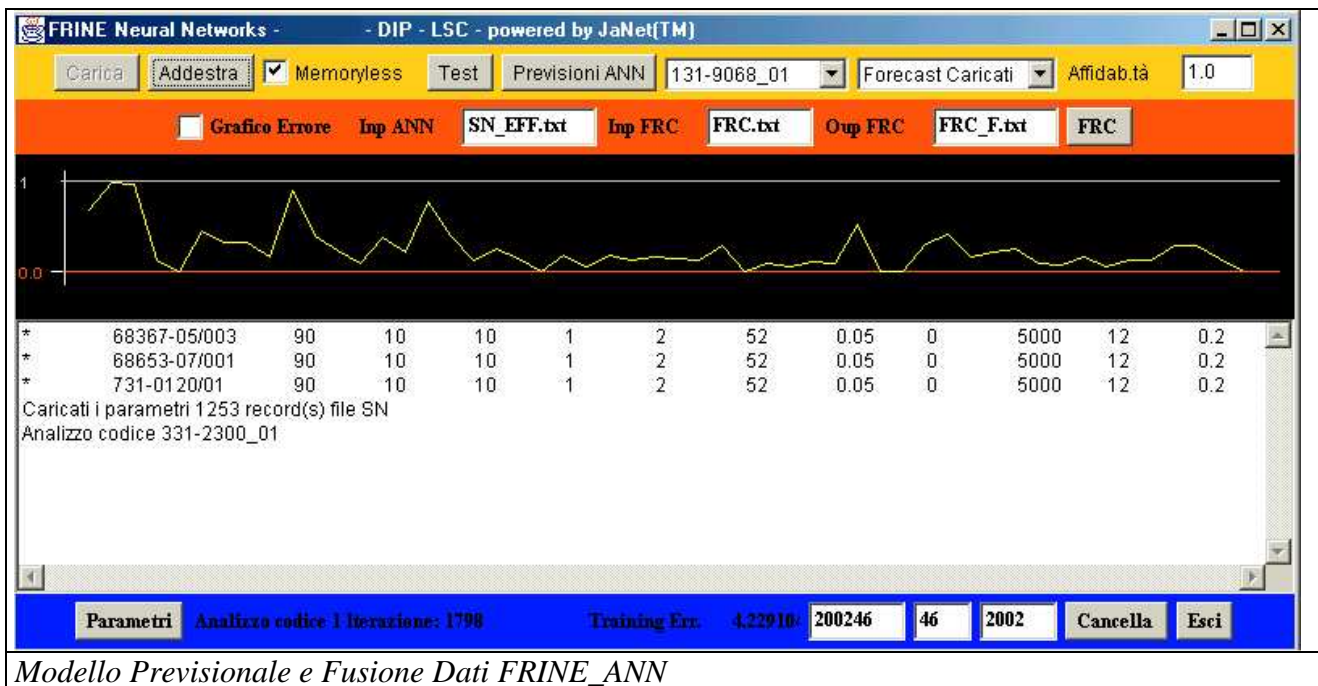
La capacità di approssimazione universale dei modelli neurali può essere utilizzata nel processo previsionale su serie storica: possiamo, infatti stimare il valore della variabile all'istante t_{n+1} con una qualche funzione, a priori ignota, dei precedenti valori t_1, t_2, \dots, t_n .

Nella pratica vengono utilizzate le più svariate tecniche per approssimare la funzione ignota: regressione lineare, livellamento esponenziale ed analisi di Fourier, per citarne alcune; ogni modello utilizzato tuttavia soffre di qualche limitazione e risulta adatto solo su particolari serie storiche che soddisfano a certe ipotesi.

Utilizzando il modello neurale, proprio in virtù del teorema di approssimazione universale, possiamo essere sicuri di ottenere il miglior risultato possibile di volta in volta. Questa caratteristica delle architetture connessioniste è stata ampiamente dimostrata dalla letteratura disponibile in materia. Le serie temporali possono essere classificate come il comportamento di un sistema complesso. Con il termine comportamento si indica la successione di valori che assumono le variabili di stato del sistema nel tempo. Possiamo identificare tre modelli di sistemi complessi:

- Dynamical System (Deterministico): è il modello più semplice il cui comportamento è completamente predeterminato (ad esempio la traiettoria di un corpo nel vuoto). La sua rappresentazione è costituita da uno spazio e dalla mappatura dello stesso.
- Markov Chains o Probabilistic Dynamic System (Stocastico): è un modello più complicato del precedente nel quale ogni stato ha una certa probabilità di evolvere in un altro stato. In questo caso è impossibile prevedere esattamente l'evoluzione del sistema ma è possibile conoscere la successione degli stati futuri e le loro chances. La sua rappresentazione è un sistema deterministico con attrattori puntuali.
- Non-Markovian Process (Caotico): in questo modello le probabilità associate ad ogni singolo stato sono variabili nel tempo e la possibilità di inferenza sul modello è minima.

Gestione del Forecast con FRINE ANN



Modello Previsionale e Fusione Dati FRINE ANN

FRINE ANN si basa sull'impiego di una rete backpropagation full connected feed-forward che modella ogni singolo item considerato; questo livello di dettaglio risulta normalmente necessario sulla base dell'esperienza maturata dagli autori. Il modello proposto si basa sull'impiego dei dati relativi alle ultime 12 settimane e sulle caratteristiche dell'item per procedere alla previsione delle 6 settimane successive; i dati storici previsti consentono di effettuare una taratura del modello neurale che una volta raggiunto un livello di errore soddisfacente, diventa disponibile per supportare il forecast.

Il sistema sviluppato genera un file per ogni modello neurale creato (circa 2kb per ciascun modello) in modo da poter reimpiegare il modello in futuro; il test su dati storici di un'azienda operante nel settore delle Telecomunicazioni di circa un anno (nov 99 – nov 2000) corrispondenti ad oltre mille items sono stati processati in un tempo di circa 6 ore su un Pentium II a 400 MHz. I risultati sperimentali sono stati particolarmente confortanti dato che in oltre il 90% dei part numbers i modelli neurali registrano un errore medio sui dati di apprendimento inferiore al 1%. Ogni Item analizzato ha associato un livello di errore accettabile che determina il grado di precisione richiesto al modello neurale; al part number sono altresì assegnati anche una probabilità di accadimento, un delta positivo ed uno negativo sulle quantità espressi in termini percentuali ed uno sulla data (espresso in termini di settimana). Quando la rete neurale effettua una previsione per una data futura in riferimento ad uno specifico Item questa viene corredata dalla corrispondente probabilità di accadimento preimpostata in fase di configurazione; la quantità predetta dalla ANN viene usata,

allora, come valore piu' probabile, mentre i bounds della distribuzione vengono ottenuti tramite il delta positivo e negativo sulle quantità; in modo analogo si procede per quanto riguarda la data del forecast. Tutti forecast cosi' ottenuti vengono fusi con la pesatura della rete neurale: 100% significa che dove c'e' previsione neurale si usa solo quella ed i forecast commerciali vengono dismessi, 0% significa che non si impiega la rete neurale, mentre 40% significa che le previsioni della rete neurale e del commerciale sugli intervalli temporali comuni vengono sommate pesate rispettivamente per i coefficienti 0.4 e 1-0.4.

Un Caso Applicativo della Metodologia FRINE

Il Pacchetto FRINE ANN

FRINE ANN e' stato implementato in Java™ utilizzando la libreria GNU JaNet™; il sistema opera in ambiente Windows 2000/Me, ma e' stato testato sperimentalmente anche in ambiente Linux SUSE 7.0.

L'interfaccia principale di FRINE ANN comprende i seguenti comandi:

- Carica: Carica i dati dai file di input dei Part Numbers
- Addestra: Inizia l'addestramento sulle reti neurali; una volta iniziato detto processo esso non puo' essere interrotto fino al termine dell'elaborazione di tutti i part numbers a meno di chiudere il task attivo o dalla finestra DOS aggregata o dal task manager; ogni rete neurale che raggiungere la precisione di soglia assegnata per quello specifico part number viene salvata con nome del tipo: id.bpn (i.e.131-9167_02.bpn).
- MemoryLess CheckBox: Ogni item viene previsto mediante addestramento di un modello neurale ad hoc, tale modello tuttavia puo' sfruttare parte della conoscenza accumulata nell'addestramento del suo predecessore deselezionando la relativa casella.
- Test: Consente di testare il modello neurale di un part number gia' appreso e di cui sia presente il file bpn
- Previsioni ANN: per tutte le reti generate con successo si crea una previsione futura pari all'orizzante temporale assegnato al corrispondente part number con le regole di fusione e l'orizzante temporale specifico.
- Storico Caricati: consente di selezionare lo storico caricato di un part number.
- Forecast Caricati: consente di selezionare forecast caricato di un part number.
- Grafico d'errore: abilita la visualizzazione dinamica durante l'elaborazione del grafico che mostra l'errore del modello neural in esame
- Inp ANN: definisce il file di input con i dati dello storico della demand.
- Inp FRC: definisce il file di input con i dati del forecast commerciale per la fusione
- Oup FRC: definisce il file di output ove porre il forecast fuso.
- FRC: procede alla fusione dei dati
- Parametri: Ricarica i parametri dei part numbers, automaticamente chiamato durante la fase di caricamento.
- Data: Riceve la data corrente nel formato YYYYWW (anno e settimana) e consente all'utente di modificarla.
- Cancella: Pulisce la memo box.
- Esci: Termina Frine ANN

Tracciato file INPUT

Frine ANN utilizza i seguenti file di Input

- SN.txt identico a SN.txt per Frine Simulator
- Param.txt parametri degli item per la fase di modellizzazione neurale e fusione
- SN_eff.txt storico della demand
- Frc.txt identico a frc.txt per Frine Simulator

Param.txt

- Id Identificativo Item
- X Percentuale di fusione (70 corrisponde al 70% per la rete neurale)
- Y1 Percentuale del delta quantita' negativo massimo (20 corrisponde al -20%)
- Y2 Percentuale del delta quantita' negativo massimo (10 corrisponde al +10%)
- d1 settimane anticipo massimo (2 corrisponde a 2 settimane)
- d2 settimane ritardo massimo (2 corrisponde a 2 settimane)
- L settimane da prevedere (52 significa le prossime 52 settimane)
- V Errore accettabile in termini di media percentuale (0.05 significa 5%)

SN_EFF.txt

- Id Identificativo Item
- X1..x52 52 valori corrispondenti alla demand con nella prima
- Colonna i dati della scorsa settimana e nelle altre quelli
- Relativi alle settimane via via piu' lontane

Tracciato file OUTPUT

Frine ANN genera i seguenti file di Input

- FRC_ANN.txt File demand generato da FRINE ANN
- FRC_F.txt FILE demand ottenuto come
- Fusione di FRC.txt (commerciale) e FRC_ANN.txt
- ANN_Demand Matrice della demand stimata dalla rete neurale
- FRC_ANN.txt e FRC_F.txt hanno esattamente lo stesso formato di FRC.txt gia' descritto nel simulatore
- ANN_Demand Contiene la previsione della demand fatta dai modelli neurali per i part number addestrati con successo; i dati sono distribuiti in 54 colonne separate da spazi con i dati per riga.
 - Id Identificativo Item
 - X1..x52 52 valori corrispondenti alla demand con nella prima
 - Colonna i dati alla settimana corrente e nelle altre quelli
 - Relativi alle settimane successive

FRINE fornisce inoltre una metodologia di supporto per il monitoraggio delle performance del sistema che quantifica detti risultati, con riferimento sia all'affidabilita' dei forecasts che della produzione impostata e in relazione al grado di soddisfacimento cliente.

Stabilità e Prestazioni dei Modelli Neurali FRINE (Esempio Applicativo)

Base di Dati Considerata

La base di dati considerata ha riguardato un set di 1090 codici contenuti nel file SN_EFF.txt; di tali codici sono stati forniti i dati previsionali da FRINE ANN di 888 codici, i dati di fusione di 1090 codici ed i dati MPS di 1237 codici. Sempre nel corso dello stesso scambio files sono stati forniti i dati relativi agli ordini effettivi di 821 codici. Dette informazioni sono state trasferite all'interno di un unico file Access™ denominato AnalisiFrine.mdb. Il totale dei record che hanno un corrispettivo nelle quattro basi di dati considerate è di 594 codici; su tale set di dati è stata valutata la performance delle previsioni: ANN, MPS, FUSO e FRINE.

Periodo considerato:

Il periodo considerato dalla base di dati è stato di 52 settimane storiche dalla 49-esima settimana del 2000 alla 48-esima settimana 2001. Il confronto è stato fatto sulla base delle 6 settimane successive alla 48-esima settimana 2001 ovvero dalla 49-esima settimana 2001 alla 2-nda 2002.

Legenda

Si intende con ANN la previsione generata da FRINE ANN senza la successiva fusione con il forecast (equivalente a considerare un parametro di fusione pari a 100); con MPS la previsione generata con l'attuale metodologia e con FUSO la previsione generata da FRINE ANN sulla base del fattore di fusione considerato. Con la previsione FRINE si indica la previsione generata da FRINE ANN sulla base della taratura dei parametri di fusione.

Metodo di determinazione degli Errori e degli Scostamenti

Per considerare le prestazioni del pacchetto FRINE ANN si è provveduto ad incrociare le 4 sorgenti di dati (ANN; ORDINI, MPS, FUSO) individuando un'unica base di dati, su foglio Excel™, costituita dai 594 codici di cui erano disponibili sufficienti dati. La determinazione del parametro di scostamento ha considerato due aspetti salienti:

- § determinazione dell'errore sul picco
- § determinazione dell'errore sul cumulato

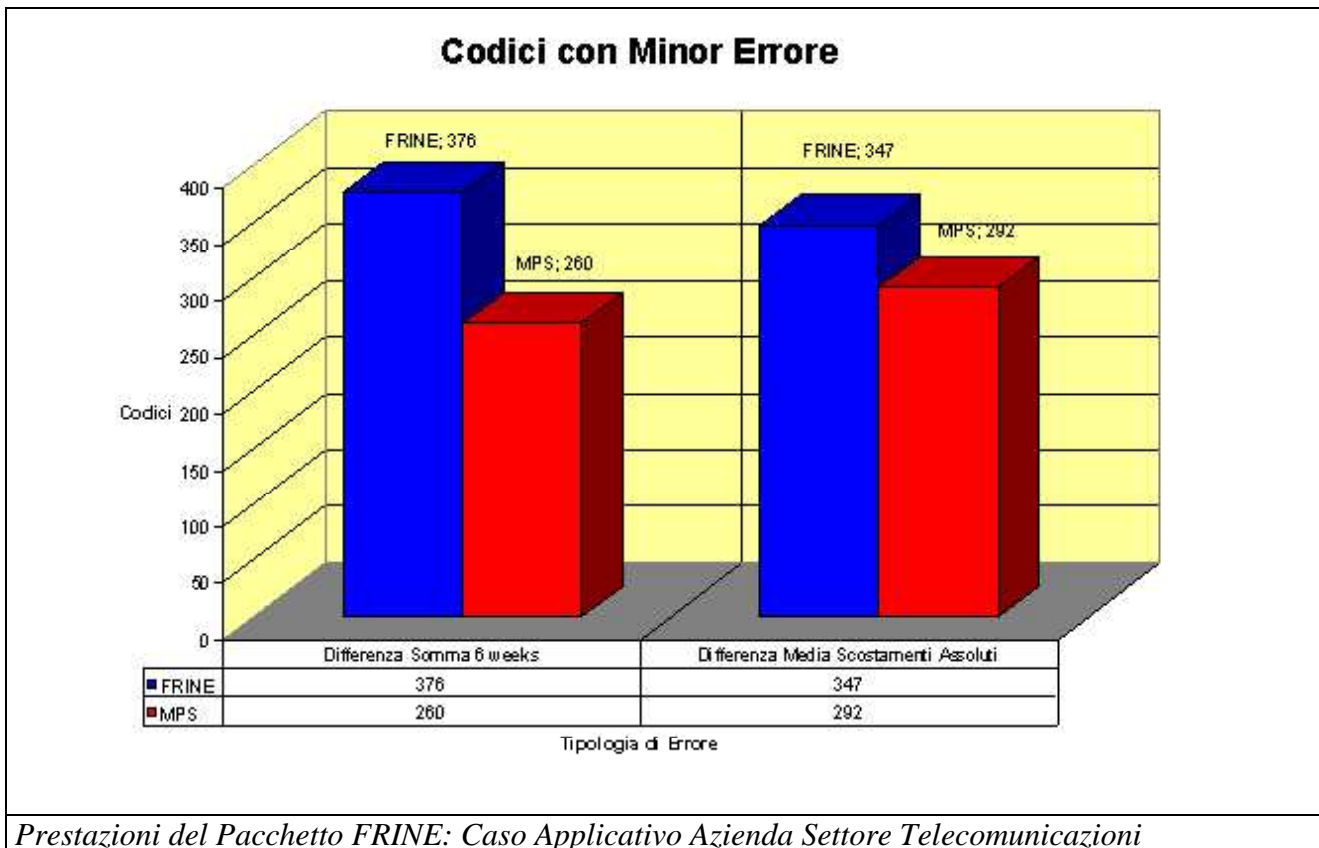
Lo scostamento è definito dal valore assoluto della differenza tra il valore reale (ORDINI) e quello previsto (ANN, FUSO o MPS); questa metodologia di determinazione dell'errore risulta più significativa rispetto al calcolo dell'errore percentuale poiché fornisce un'informazione più precisa. Il calcolo dell'errore percentuale, infatti, è dato dal rapporto tra il valore assoluto della differenza tra il valore atteso e quello ottenuto diviso, nuovamente, il valore vero. Nel caso in cui il valore vero sia nullo il termine errore percentuale perde significato. Analoga ambiguità si verifica quando si debba valutare l'errore percentuale su un valore vero non nullo ed uno atteso nullo, in tale occasione il valore dell'errore è pari, sempre, al 100%. Questo risulta essere alquanto scomodo in quanto una previsione di 0 item su valore vero di 1000 avrebbe lo stesso errore di una previsione di 0 item su 1. L'analisi degli scostamenti invece consente di ottenere l'indicazione del miglior metodo previsionale come quello che minimizza lo scostamento tra valore vero e valore atteso; in tal caso ogni errore previsionale è valutato direttamente dall'entità del suo scostamento.

Scostamento sulla Somma delle Successive 6 Settimane

Tale valore è stato calcolato come valore assoluto, per ogni singolo item, della differenza tra la somma dei valori veri delle successive 6 settimane alla 49-esima settimana 2001 e la somma dei corrispondenti valori previsti. Per ogni item si è attribuito un punto ad ogni metodologia che realizzasse il minor scostamento tra quelli calcolati. Per la metodologia FRINE si è attribuito un punto ogni volta che, almeno una delle due tipologie di funzionamento (fusione 100% o parziale) ha riportato un punto. Sommati tutti i punti ottenuti dalla metodologia MPS e FRINE si è ottenuto che la metodologia FRINE è nel 59.12% dei casi preferibile a quella basata sulla sola previsione commerciale "modificata".

Scostamento Medio Puntuale delle Successive 6 Settimane

Tale valore è stato calcolato come valore assoluto, per ogni singolo item, della differenza tra la media dello scostamento dei valori veri per ognuna delle successive 6 settimane alla 49-esima settimana 2001 e i corrispondenti valori previsti. Per ogni item si è attribuito un punto ad ogni metodologia che realizzasse il minor scostamento tra quelli calcolati. Per la metodologia FRINE si è attribuito un punto ogni volta che almeno una delle due tipologie di funzionamento (fusione 100% o parziale) ha riportato un punto. Sommati tutti i punti ottenuti dalla metodologia MPS e FRINE si è ottenuto che la metodologia FRINE è nel 54.30% dei casi preferibile a quella generabile dal solo MPS.



Si è provveduto, successivamente, a utilizzare i file di addestramento pregressi relativamente al nuovo insieme di dati di input previsti; in particolare si è utilizzato l'addestramento condotto in occasione della prova del 08 gennaio 2002 relativamente alle settimane dalla 48-2000 fino a 48-2001.

La previsione generata è stata impostata con dati reali a partire dalla 01 2001 fino alla 01 2002 e si sono confrontate le prime 6 settimane di ordini veri dalla settimana 02 2002.

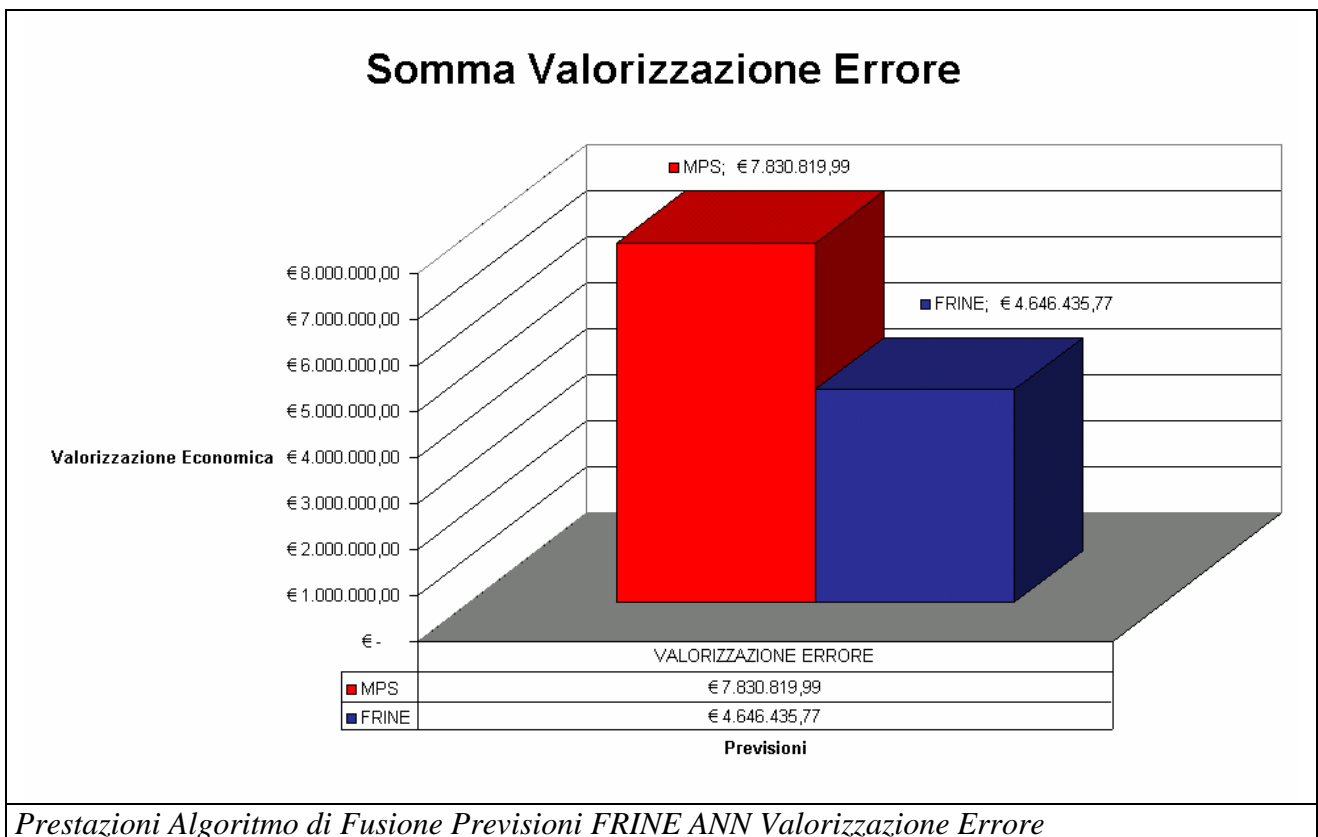
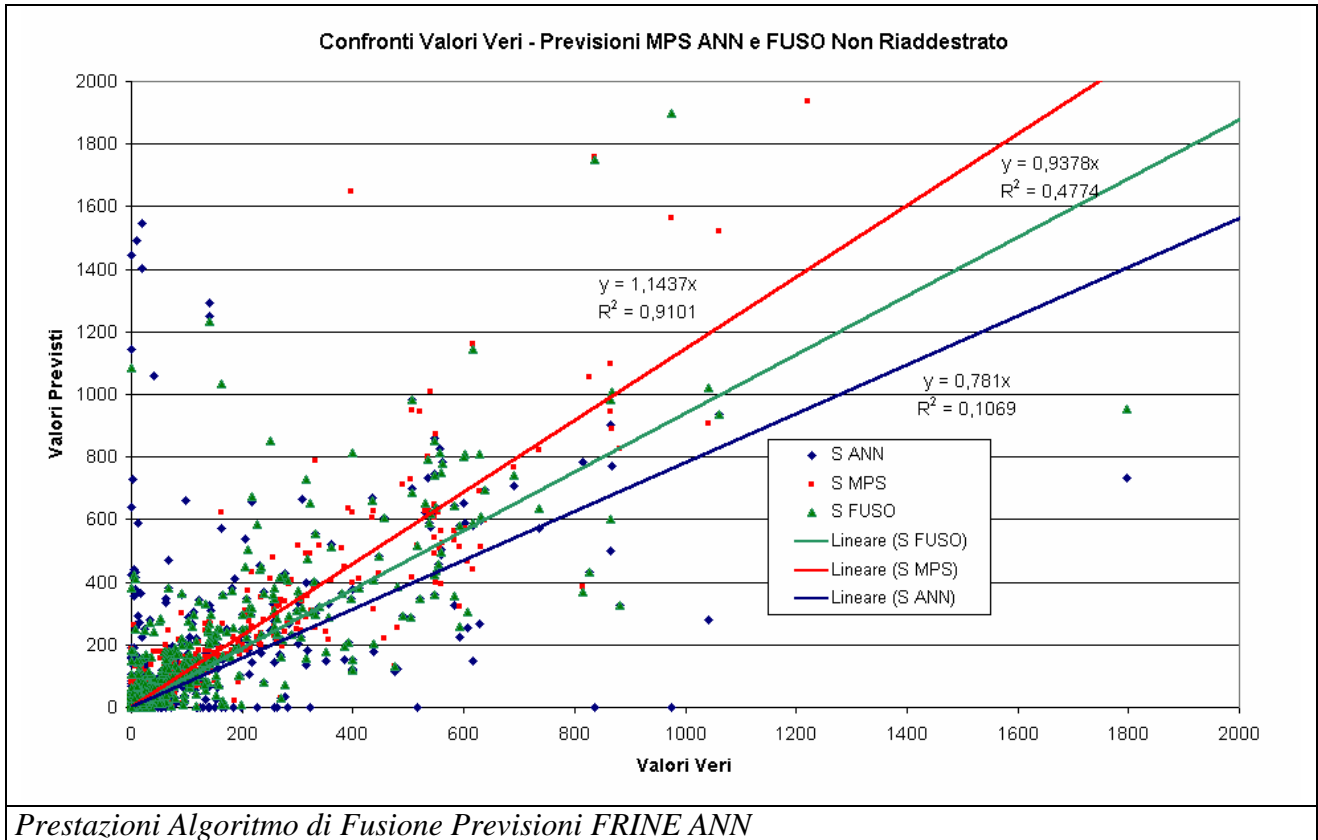
La tecnica di visualizzazione delle performance utilizzata presenta una nube di punti sul piano Valori Veri – Valori Previsti, in tale piano una previsione infinitamente precisa disporrebbe i punti sulla retta a 45°, nel caso considerato sono stati tracciati i punti relativi alla previsione MPS e a quella generata da FRINE ANN rispettivamente come output dal modello neurale e come output dell'algoritmo di fusione (Reti Neurali e Commerciale), il risultato mostra che le performances del profilo fuso sono quelle che approssimano la retta a 45° in maniera migliore.

Valorizzazione dell'Errore

Al fine di determinare una stima del valore dell'errore sul nucleo stabile sono stati considerati i soli codici la cui percentuale di fusione fosse maggiore di 90 e che presentassero un comportamento stabile rispetto FRINE_ANN. Di ogni codice è stato valutato un costo ed è stata determinata la differenza sulla somma dei valori veri e previsti delle 6 settimane successive alla settimana indicata per il caso MPS e FRINE.

Il risultato viene presentato in figura; come si può vedere la valorizzazione stimata dell'errore previsionale di FRINE per il nucleo stabile è inferiore di ben 3.184.384 € a quella del MPS; il valore dell'errore nel caso di FRINE è quindi solo il 59% di quello della previsione MPS.

Si può pertanto affermare che il pacchetto FRINE presenta indubbi vantaggi nell'utilizzazione e che tale vantaggio è senz'altro sensibile.



MODELLI CENTRI LOGISTICI

DIP, Università di Genova

Una caratteristica del processo simulato dalla federazione è insito nel modello di gestione dei Centri Logistici. Tali centri si occupano di tutte le attività di ricezione merci, spedizione, trasporto, arrivo, e consegna finale al destinatario. IL modello adottato è costituito da un componente modulare denominato federato Carrier il quale provvede la logica di funzionamento sia dei terminal logistici sia dei vettori fisici del trasporto. Lo schema impostato consente, inoltre, di poter simulare anche operazioni in multimodalità.

Particolare attenzione è stata riservata alla modellazione dell'interazione tra le risorse del vettore logistico e quelle del processo produttivo del mittente (generalmente il sub-contractor). Una delle caratteristiche fondamentali del processo di gestione della logistica risiede nel dimensionamento e nell'uso di tali risorse riuscendo, spesso, i ritardi delle operazioni di terminal ad inficiare le prestazioni dell'intera catena logistica. Nella simulazione, infatti, del trasporto possiamo identificare le seguenti componenti:

- § Una rete geografica (network) costituita da un insieme di nodi (hub) e di archi (traffic lane)
- § Le Risorse Dirette (es. i mezzi di trasporto fisico tra una destinazione e l'altra)
- § Le Risorse Indirette (es. tutte le strutture in grado di immagazzinare, ordinare, ridistribuire merci o mantenere i mezzi di trasporto).

Per contro la situazione attuale dell'impiego di tecniche avanzate per la gestione dell'intero processo logistico può essere riassunta nello schema che segue.

- § Le reti logistiche presentano problemi di complessità e coinvolgono un gran numero di oggetti
- § I modelli di simulazione progettuale presenti non sempre offrono il giusto grado di dettaglio
- § Non si è, ancora, sviluppata nel campo della Logistica e dei Trasporti (L&T) una sensibilità verso lo strumento simulativo.
- § I metodi analitici sono ancora ampiamente utilizzati, ad esempio:
 - Trip Model Generation (Moore, 1957),
 - Trip Distribution (Schneider 1967),
 - Modal Split (Wilson et al. 1969),
 - Traffic Assignment (Parsonson et al. 1976),
 - Design & Configuration (Shiller et. Al 1956,
 - Miller 1971, Agershov et al. 1983, Gibson et al. 1992)
- § Nonostante questi apparenti limiti esistono campi in cui la simulazione rappresenta la sola tecnica valida per lo studio e la progettazione di una rete logistica esterna:
 - Valutazione di alternative strategiche (Koh et al. 1994, Manivannan 1996)
 - Impatto della stocasticità nell'arrivo e partenza dei mezzi di trasporto e livello di servizio atteso (Manivannan et al. 1996)

Al fine di identificare meglio lo scenario applicativo della metodologia proposta occorre premettere alcune definizioni: chiameremo Shipper la parte che richiede il trasporto tra due punti qualsiasi della Supply Chain, e Carrier il soggetto (es. FedEx, Maersk, Alitalia, ecc.) che fisicamente muove o trasporta il prodotto. Queste due entità presentano criteri ed obiettivi di scelta ovviamente

differenti; ad esempio il Carrier tende a massimizzare l'utile per ogni mezzo di trasporto impiegato mentre lo Shipper vorrebbe minimizzare il costo di trasporto.

Risulta pertanto indispensabile determinare gli elementi di costo che tali soggetti evidenziano nell'operare le loro scelte sia di natura strategica (di struttura) che operativa (di esercizio); ovviamente il livello di costo che si stabilirà tra i due soggetti dipenderà dalla reciproca forza contrattuale e dall'organizzazione interna degli stessi.

Fattori di costo del Federato Shipper (Mittente)

- § Costi di Trasporto: totale pagato ai vari carrier dipende dai prezzi praticati e dal tipo di consegna richiesta (espressa, overnight, ordinaria)
- § Costi di Giacenza (Inventory): sono i costi di mantenimento a scorta del materiale, sono proporzionali alla giacenza media ed inversamente all'indice di rotazione scorte (turnover)
- § Costi di Stoccaggio (Facility): sono i costi che si sostengono per le varie facilities lungo la supply chain (depositi intermedi, centri di smistamento, ecc.); sono proporzionali al numero delle facilities possedute
- § Costi di Processo: sono i costi di carico e scarico; sono proporzionali al peso ed al numero dei prodotti movimentati
- § Costi per Livello di Servizio: riguardano il livello di Customer Satisfaction

Fattori di costo del Federato Carrier (Spedizioniere)

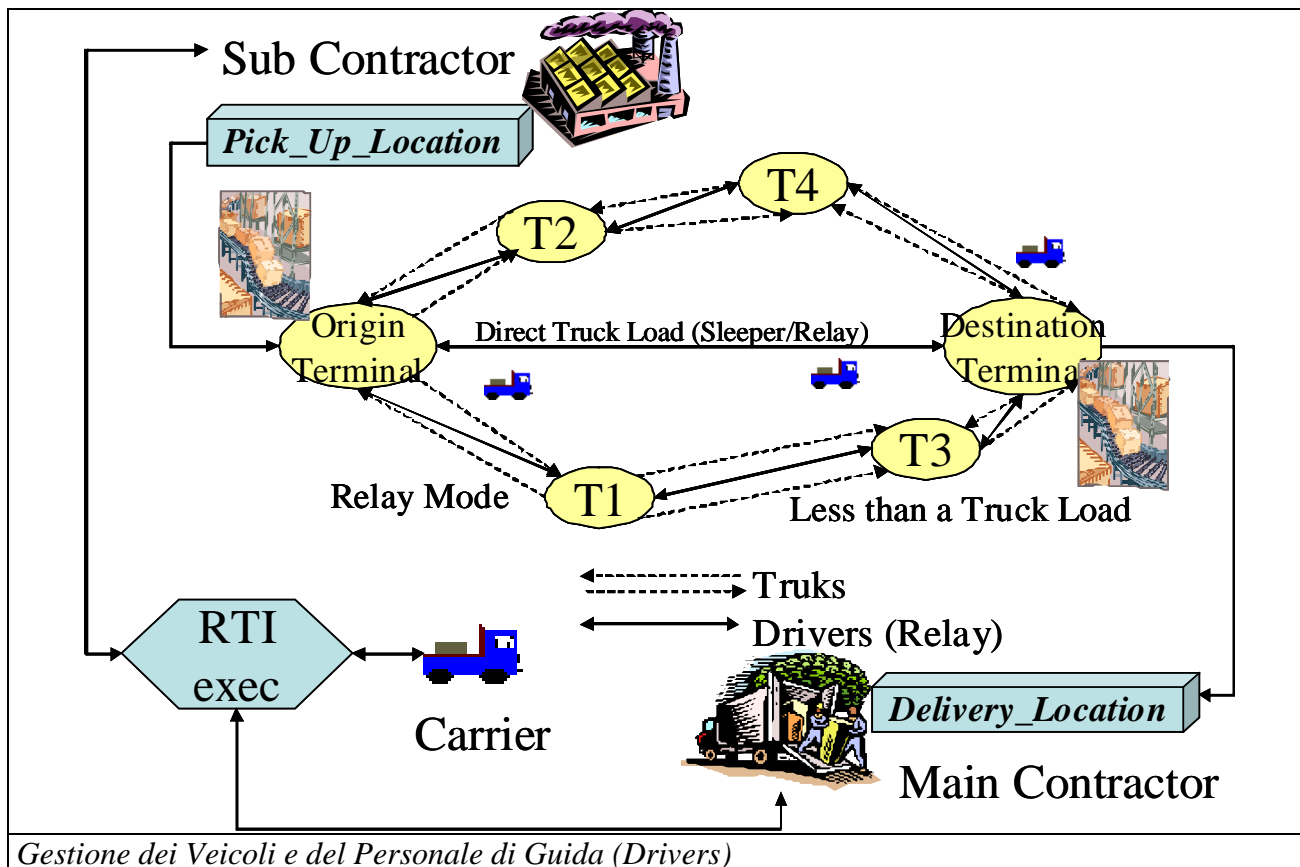
- § Costi per Veicolo: includono i costi di acquisizione e noleggio del veicolo, sono proporzionali al numero dei veicoli posseduti
- § Costi Operativi Fissi: costi associati con i terminal sono generalmente proporzionali alle dimensioni dei terminal
- § Costi per Viaggio: include il salario dell'autista e i costi per il fuel; è proporzionale alla distanza percorsa
- § Costi per Quantità: sono i costi di carico e scarico, e la porzione dei costi di fuel proporzionale al carico
- § Costi Overhead: sono i costi di planning e scheduling e gli ammortamenti per l'Information Technology (IT)

Lo sviluppo di un modello richiede la definizione di una serie di sub-componenti tra cui: i terminal di origine/destinazione, i fenomeni di arrivo e partenza dei veicoli, la definizione delle priorità di assegnazione dei carichi ai veicoli (es. Regole di agganciamento per i rimorchi, composizione del treno, piano di carico della nave, ecc.) nonché la gestione e assegnamento dei conducenti (es. drivers, pilots, commanders, ecc.).

Mentre questi fenomeni hanno natura di evento discreto nel tempo e quindi si prestano bene ad essere modellati con un simulatore ad eventi discreti (es. ArenaTM, Simul8TM, ecc.), la circolazione dei veicoli lungo la linea è un fenomeno prettamente continuo.

Al fine di poter modellare efficacemente il processo logistico utilizzando anche simulatori COTS si è provveduto a sviluppare il modello in maniera ibrida.

La rete geografica è stata quindi suddivisa in nodi principali (HUB Terminal) e in nodi secondari (Feeder Terminal) secondo uno schema riportato nella figura che segue.



Ogni trasporto parte dal terminal modellato all'interno del federato corrispondente (ad es. il Sub-Contractor) nel quale sono presenti le risorse addette alla preparazione della spedizione; successivamente la merce giunge ai terminali principali, o nodi, nel quale avviene la formazione del carico e l'assegnazione del personale di bordo. Il trasporto è, dunque simulato facendo evolvere il carico così formato in una rete nel quale alcune "processing units" provvedono all'operazione di "trasporto" sulla base di un meta-modello continuo determinato in precedenza. Gli eventi corrispondenti al passaggio tra un nodo e l'altro nella sequenza di routing possono comportare: lo scarico o il carico di merce, un evento di guasto o una manutenzione programmata al veicolo. Tale modello risulta quindi modulare e flessibile in quanto non richiede la definizione, una volta per tutte, della rete fisica di trasporto ma solo l'indicazione dei nodi serviti; di volta in volta il sistema determina il percorso utilizzando le euristiche di routine e di caricamento sulla base dei dati inseriti. I dati stessi sono acquisibili mediante connessione a database locale (via ODBC™) oppure, in futuro, tramite rete Internet codificati in XML™.(es. tecnologia SOAP™).

Nell'immagine che segue viene presentato il meta-modello realizzato con l'indicazione del routing e dei tempi di viaggio per una serie esemplificativa di consegne.

La gestione del personale è facilmente implementabile sulla base delle indicazioni derivanti dai contratti in essere con i conducenti/piloti mediante inserimento di opportuni tempi di riposo calcolati sulla base della durata stimata del viaggio.

Il modello, così sviluppato, permette di risolvere problemi di natura strategica, tattica ed operativa tra cui:

- § Politiche di agganciamento e composizione dei carichi
- § Politiche di assegnazione conducenti (Problema dei *foreign drivers*)
- § Grado di sbilanciamento del terminal
- § La stima delle Risorse da assegnare ai terminal e la loro corretta gestione

Il modello di simulazione può anche essere utilizzato come strumento di controllo della gestione di un terminal facendo un trade-off tra situazione simulata e reale.

Id Viaggio	Progressivo	Nodo Rete Stradale	Tempi di Operazione [minuti]	Tempo Setup (Interoperazionale)	Progressivo [km]	Parziale [km]	Velocità Commerciale [km/h]	Tempo Medio [h]	Costi di Viaggio [€/km]	Oneri Terminal Spedizione [€]	Oneri Terminal Arrivo [€]	Totale Tempo di Viaggio [h]
1	1	Node_Bari	174.8	0	233	233	80	2.9125				
1	2	Node_Napoli	168.0	0	457	224	80	2.8				
1	3	Node_Roma	186.8	0	706	249	80	3.1125				
1	4	Node_Firenze	168.8	0	931	225	80	2.8125				
1	5	Terminal_Ricezione	60.0	0				1				12.6
2	1	Node_L_Aquila	90.8	0	121	121	80	1.5125				
2	2	Node_Roma	186.0	0	369	248	80	3.1				
2	3	Node_Firenze	168.8	0	594	225	80	2.8125				
2	4	Terminal_Ricezione	60.0	0				1				8.4
3	1	Node_Firenze	176.3	0	235	235	80	2.9375				
3	2	Terminal_Ricezione	60.0	0				1				3.9
4	1	Node_Napoli	174.0	0	232	232	80	2.9				
4	2	Node_Roma	186.0	0	480	248	80	3.1				
4	3	Node_Firenze	166.7	0	705	225	81	2.7778				
4	4	Terminal_Ricezione	60.0	0				1				9.8
5	1	Node_Salerno	203.3	0	271	271	80	3.3875				
5	2	Node_Roma	186.8	0	520	249	80	3.1125				
5	3	Node_Firenze	166.7	0	745	225	81	2.7778				
5	4	Terminal_Ricezione	60.0	0				1				10.3
6	1	Node_Milano	120.8	0	161	161	80	2.0125				
6	2	Terminal_Ricezione	60.0	0				1				3.0

fonte ViaMichelin.com © 2002 Michelin, F

Integrazione dati GIS Modello di Simulazione Ibrido Carrier

Modelli Vettori Logistici

DIP, Università di Genova

Lo schema proposto per lo sviluppo del federato centro logistico (Vettore Logistico) prevede che ogni federato mantenga una struttura di terminal con baie di carico e scarico rispettivamente per la spedizione e la ricezione di prodotti finiti, materie prime e semilavorati; l'oggetto Pick_Up_Location avrà due attributi: Request_for_Transportation e Last_Pick_Up_List, mentre ogni oggetto Delivery_Location avrà due attributi Items_Delivered e Items_Collected. Ogni attributo sarà rimappato in formato testo ed avrà lo schema riportato in tabella:

Request_for_Transportation FROM TO CARRIER KIND ITEMS	Last_Pick_Up_List FROM TO CARRIER KIND ITEMS	Items_Delivered FROM TO CARRIER KIND ITEMS	Items_Collected FROM TO CARRIER KIND ITEMS	UM [String] [String] [String] [String] [Float]
----------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------

Schema Campi Attributi Oggetti Pick_Up_Location e Delivery_Location

Ogni richiesta di trasporto sarà relativa ad un mono prodotto (kind) e definita dalla relazione From-To, essa sarà assegnata al federato logistico carrier sulla base di un settaggio interno e, in tal maniera, sarà possibile, per ogni federato, scegliere il vettore più appropriato (es. FedEx, UPS, Maersk, etc.).

La richiesta verrà formattata secondo l'esempio di seguito riportato; nel caso di più richieste di trasporto contemporanee sarà generata una lista concatenata di stringhe Request_for_Transportation. Il carattere di separazione tra le parti componenti sarà il carattere "*" mentre l'eventuale separatore di richieste sarà il carattere "|". Ogni riga (anche se formata da richieste multiple sarà terminata dal carattere new line "\n"; ciascun componente la riga non conterrà spazi né caratteri di controllo (* |) e sarà generata e mantenuta dal federato richiedente il trasporto (Shipper). Il federato Carrier sarà proprietario dell'attributo Last_Pick_Up_List che, con medesima convenzione, sarà aggiornato ad ogni time step.

Richiesta di trasporto:

La Spezia – Genova, vettore UPS n° 5 P/N 12344RT5
 Genova – Roma, vettore UPS n° 79 P/N 19990YY8
 Milano – L'Aquila, vettore SDA Express n° 30 P/N palette turbina 45G

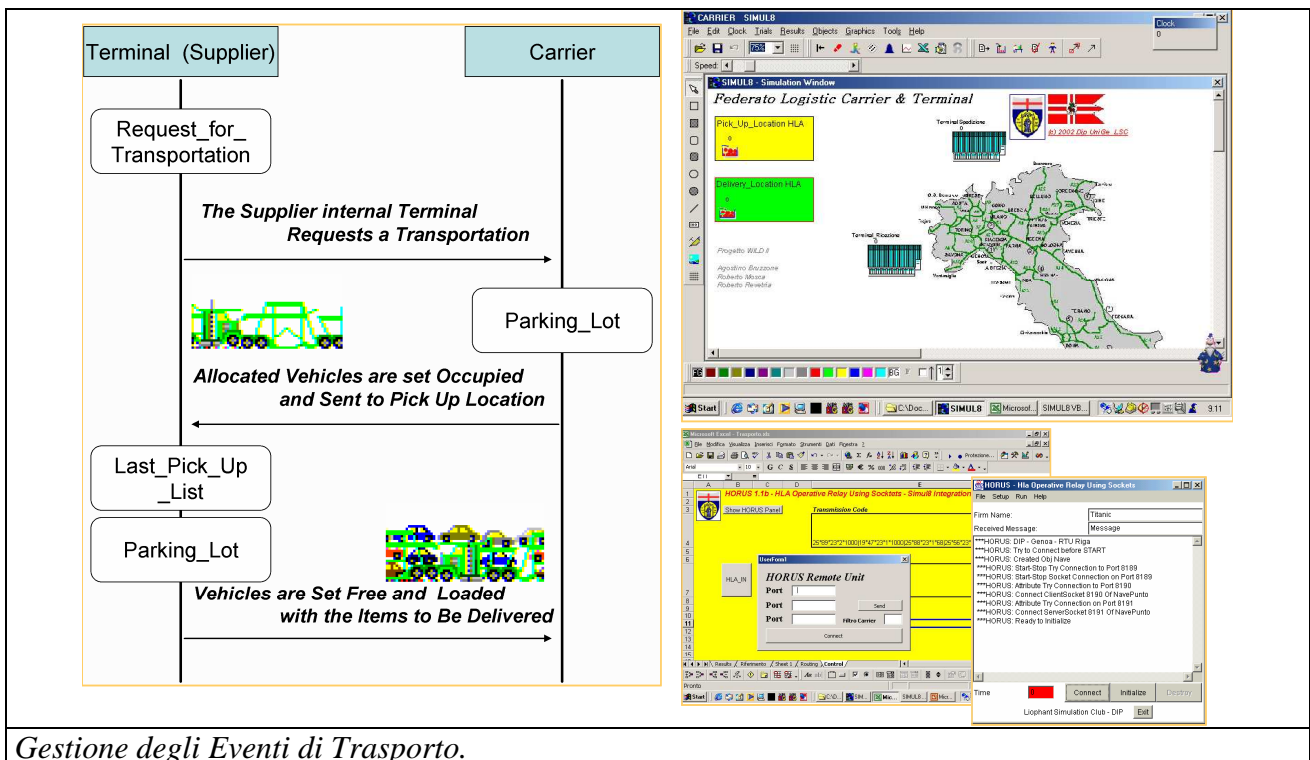
Codifica

LASPEZIA*GENOVA*UPS*12344RT5*5|GENOVA*ROMA*UPS*19990YY8*79|MILANO*LAQUILA*SDAEXPRESS*PALETTE_TUR_45G*30

Al termine della riga sarà posto il carattere new line "\n"

Esempio di Codifica della Richiesta di Trasporto

All'inizio ogni federato di produzione registrerà un oggetto Pick_Up_Location pubblicandone l'attributo Request_for_transportation e sottoscrivendone l'attributo Last_Pick_Up_List, registrerà inoltre un oggetto Delivery_Location pubblicandone gli attributi Items_Collected e sottoscrivendone l'attributo Items_Delivered.





Gestione degli Eventi di Trasporto.

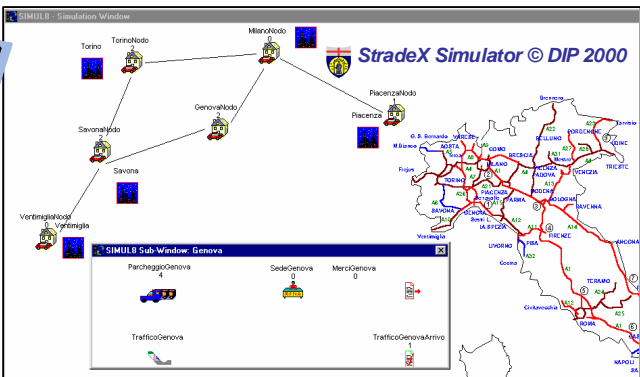
Ad ogni passo di avanzamento temporale il federato mittente (in genere il sub-contractor) aggiornerà l'attributo Request_for_Transportation, il federato Carrier riflettendo tale attributo provvederà ad aggiornare la sua lista degli items prelevati aggiornandone i valori nella Pick_Up_List.

In tal modo il federato mittente informa che sono disponibili al prelievo alcuni items e i federati che ricevono tale aggiornamento sono in grado, sulla base del campo CARRIER, di stabilirne la competenza. Il federato Carrier corrispondente riceve l'informazione filtrata sulla base del campo CARRIER, determina, sulla base del numero e la natura del trasporto nonché sul suo portafoglio ordini di trasporto, l'alternativa di trasporto più efficiente e aggiorna l'attributo Pick_Up_List per gli items che ritira. Il federato shipper sulla base di tali informazioni provvede a togliere dalla lista delle richieste di spedizione gli items prelevati; tale operazione è resa possibile dalla marcatura della Pick_Up_List analoga a quella prevista nella Request_for_Transportation.

Il Carrier provvede a simulare il proprio processo di trasporto utilizzando uno schema di simulazione ibrido. Tale schema prevede di suddividere la rete di trasporto in nodi ed archi e di generare per ogni arco il tempo di percorrenza applicando un modello di simulazione continuo e di generare gli eventi sensibili (carico, scarico, gestione autisti, manutenzioni, refueling, ecc.) nei nodi. Questo schema è stato sviluppato ad hoc dalla Sede di Genova e testato con successo nel corso dei sotto progetti StradeX e Scooter.







- Possibilità di Gestire in Multi-Routing
- Scalabile
- Modulare
- Estendibile
- Modellazione di
 - Operazioni indirette
 - Hooking Policies
 - Loading & Unloading Operations
- Gestione ad Eventi per:
 - Fenomeno Code ai Terminal variabili da orario ad orario
 - Fenomeno Congestione Traffico

Simulatore Ibrido di Vettore Logistico Stradale in Simul8™

- Rete Autostradale Italiana
 - Zona Nord-Ovest
 - Ventimiglia
 - Savona
 - Genova
 - Torino
 - Milano
 - Piacenza

Interfaccia del Simulatore Logistico di Trasporto a Schema Ibrido StradeX

L'ultimo evento della sequenza di nodi individuata dalla procedura di routing prevede di assegnare al campo CARRIER il valore del campo TO, in caso di merce giunta a destino, oppure il valore del nuovo vettore responsabile nel caso di trasporto multimodale. Appena giunge la merce presso la destinazione prevista il federato carrier provvederà ad aggiornare la lista delle merci in consegna sull'oggetto Delivery_Location e specificatamente all'attributo Items_Delivered. Con procedura analoga il destinatario aggiornerà il proprio attributo Items_Collected prendendo in carico la merce consegnata. Come si può vedere ad ogni avanzamento temporale si ha un evento di aggiornamento degli attributi scatenando opportuni eventi di aggiornamento nelle code degli oggetti interne al simulatore; in questo schema viene ridotta al minimo la negoziazione HLA degli attributi al fine di ridurre il traffico sulla rete e migliorare l'efficienza della simulazione su WAN.

La merce permane sulle baie di carico fino a quando la corrispondente riga non appaia nelle liste di prelievo da parte del Carrier, analogamente alle baie di scarico: la merce è presso il Carrier fino a quando non viene espressamente ritirata dal destinatario.

Qualora la merce permanga sulle baie di carico oltre un certo tempo stabilito lo Shipper, concordemente ai suoi accordi contrattuali, potrà riassegnare la spedizione ad un altro Carrier; in tal caso modificherà il campo relativo nella sua lista di richieste di spedizione.

Stesso processo potrà verificarsi qualora il destinatario non ritiri la merce nel tempo prefissato; in tal caso la merce potrà essere rispedita al mittente (emissione di un nuovo ordine di trasporto) o applicata una penale di deposito. Gli oneri di trasporto saranno fatturati periodicamente attraverso l'aggiornamento di un oggetto HLA Invoice che riporterà come attributo Deliveries_to_be_Paid formattato come in tabella che segue.

Deliveries_to_be_Paid	KIND	UM	[String]
FROM	ITEMS	[String]	[Float]
TO	DATE	[String]	[String]
CARRIER	COST	[String]	[Float]
<i>Schema Campi Attributi Oggetto Invoice</i>			

La definizione dell'Object Model Template (OMT) avviene come specificato di seguito con riferimento al caso in cui possa essere pagata la fattura di trasporto sia dalla parte venditrice (Federate Supplier) sia dalla parte acquirente (Federate Customer); per discriminare i due casi il campo FROM dell'attributo Deliveries_to_be_Paid conterrà il codice del Carrier, mentre il campo TO conterrà il codice del federato che dovrà pagare la fattura.

In questa fase non viene modellato l'evento di pagamento che si suppone avvenga, di default, alla data indicata dal campo DATE.

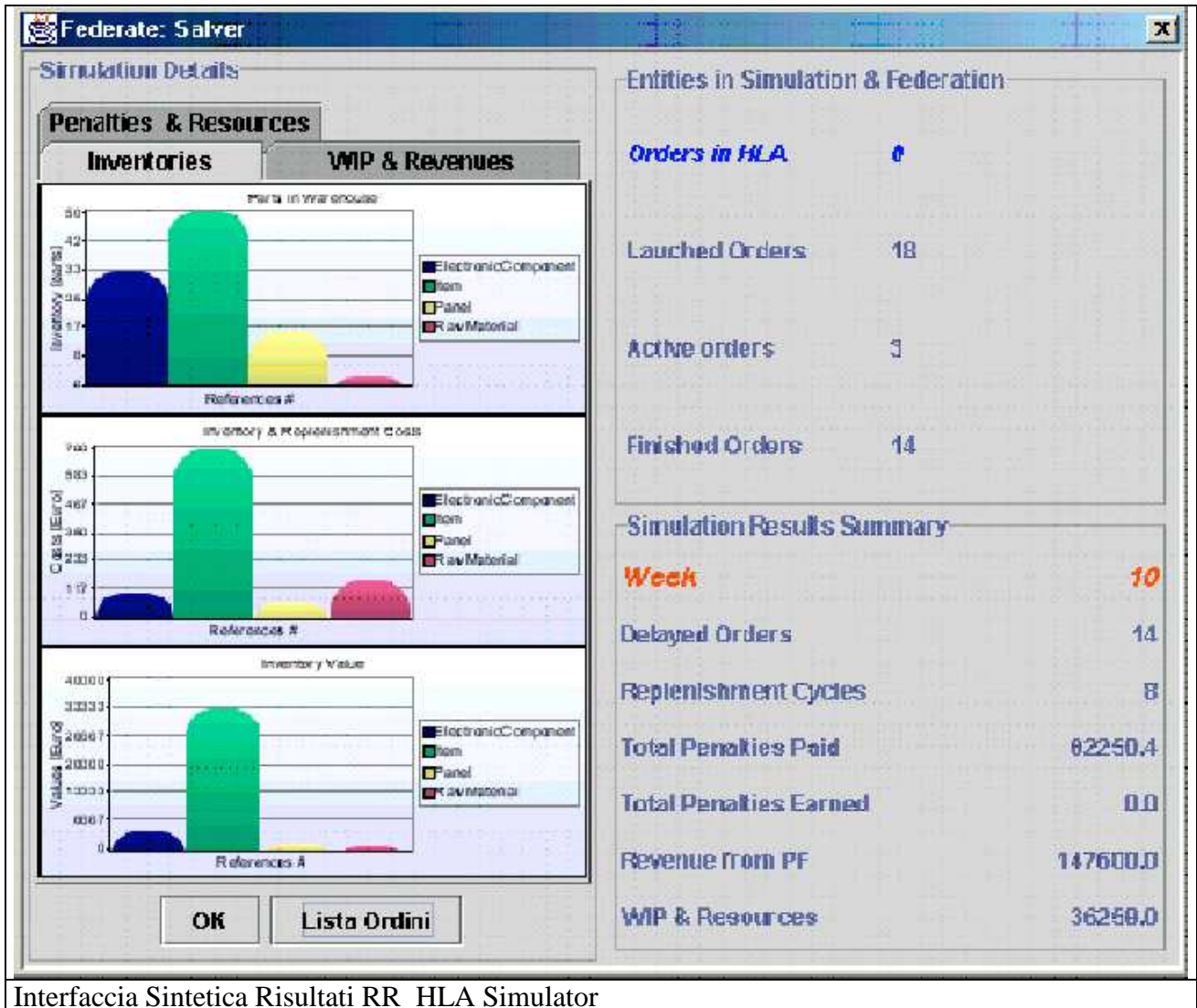
Objects	-	Quantity	Subscribe
Attribute	-	Subscribe	-
Supplier	-	Publish	-
Customer	From	-	Last_Pick_
Carrier	Publish	-	Up_List
	Subscribe	-	Subscribe
Order	-	Date	-
Name	-	Subscribe	Publish
Publish	-	Publish	-
Subscribe	To	-	Delivery_
-	Publish	-	Location
	Subscribe	-	Items_
	-	From	Delivered
ID	-	Subscribe	-
Publish	Product	Publish	Subscribe
Subscribe	Name	-	Publish
-	Subscribe	-	-
	Publish	-	Items_
	-	To	Collected
Quantity	-	Subscribe	-
Publish	ID	Publish	Publish
Subscribe	Subscribe	-	Subscribe
-	Publish	-	-
	-	Pick_Up_	HLA Invoice
		Location	Deliveries_to_
Date		Request_for_	be_Paid
Publish		Transportation	Subscribe
Subscribe		Publish	-
		-	Publish

MODELLI DI CENTRI DI PRODUZIONE

DIP, Università di Genova

I modelli dei centri di produzione realizzati hanno riguardato sia il re-engineering del simulatore del main contractor (serie GG Simulators) sia la realizzazione di una nuova tipologia di simulatori denominati RR_HLA Simulators (Routing & agreement in HLA) in grado di integrare sia la parte di produzione e gestione sia la parte di logistica. La struttura dei simulatori RR_HLA ricalca l'impostazione dei predecessori ma con alcune varianti. A differenza, infatti, della serie GG, i nuovi

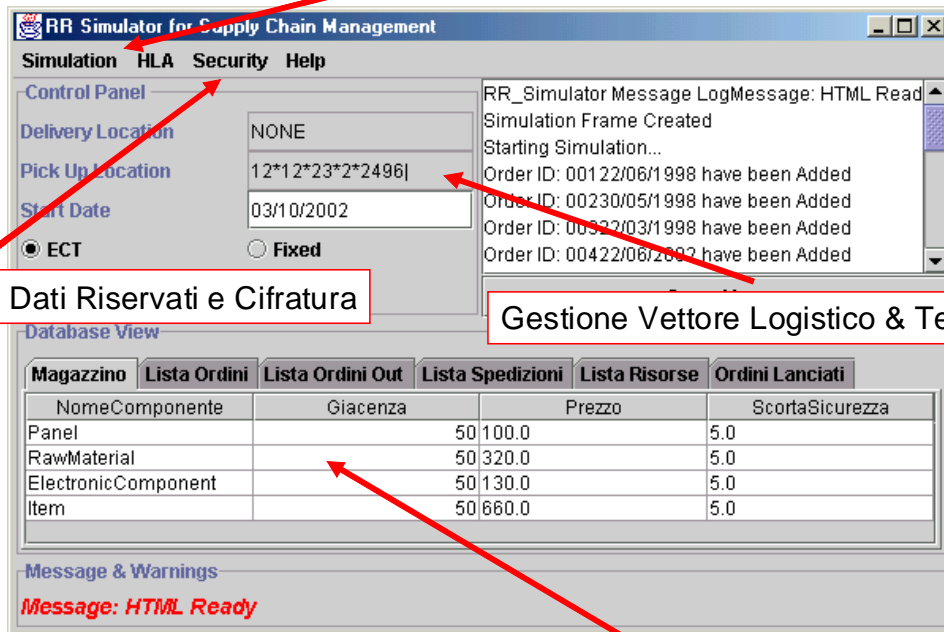
modelli sono interfacciati direttamente con basi dati relazionali attraverso connessioni JDBC-ODBC™ (Access™ e SQL Server™) e driver proprietari come ORACLE 9i™, ORACLE 9i Lite™ (Type 2 e Type 4) e IDSServer™; questo consente di poter gestire un link diretto con gli ERP aziendali di ultima generazione attraverso la definizione di opportune tabelle di raccordo e procedure batch di aggiornamento. I simulatori RR_HLA sono, inoltre, dotati di algoritmi per la determinazione dei principali livelli di costo sia legati alla produzione (es. inventory, WIP, etc.) sia alla gestione delle risorse e alla customer satisfaction. Tali informazioni sono nuovamente aggiornate sulle basi dati relazionali e disponibili durante la simulazione mediante opportuni indicatori grafici e numerici.



Interfaccia Sintetica Risultati RR_HLA Simulator

Il simulatore consente di operare in ambiente distribuito (HLA) ed anche in modalità stand-alone, nel qual caso i processi di sub fornitura vengono gestiti internamente. Ogni simulatore può essere configurato per produrre differenti tipologie di prodotti caratterizzati da distinte base differenti e personalizzabili anche in funzione del cliente. Il modello consente di gestire un sistema di contratti e penali per prodotto e, contemporaneamente, di specificare a livello di ogni cliente anche la tipologia di resa voluta.

Configurazione Parametri di Setup (Gestione Politiche & Strategie Competitive)



Gestione Dati Riservati e Cifratura

Gestione Vettore Logistico & Terminals

Interfaccia Base Dati Relazionale JDBC-ODBC™

Interfaccia di Gestione RR_HLA Simulator

Mediante HLA, infatti, il simulatore è in grado di interfacciarsi con uno o più federati Carrier e di simulare l'intero ciclo di spedizione e di resa al cliente (generalmente il main contractor).

Il processo di interazione tra i vari federati viene supportato e simulato attraverso il Protocollo di Negoziazione con il quale i federati sono in grado di rinegoziare in tutto od in parte alcuni ordini dopo la loro emissione. In particolare è possibile provvedere a negoziare con altri federati sia un piano di produzione (fase iniziale della richiesta), sia un ordine in portafoglio (fase successiva).

All'interno di ogni simulatore RR_HLA è presente un algoritmo di valutazione del rischio di ritardo in grado di identificare gli ordini critici e di elaborare una strategia negoziale. Tale strategia è parametrizzabile sulla base dei seguenti due indici:

- § Attitudine alla Negoziazione (Aggressività): indica il numero massimo di unità di tempo che il federato è disposto a cedere per giungere ad un accordo, indica il grado massimo di spostamento ammissibile dal proprio ottimo sulla base dell'Equilibrio di Nash.
- § Grado di Ragionevolezza: indica il numero massimo di unità di tempo che il federato è disposto a cedere in occasione dell'ultima offerta negoziale, consente di modulare la volontà di addivenire ad un accordo.

La gestione degli eventi è basata sulla tecnica Montecarlo con avanzamento temporale misto (eventi discreti e time stepped), il simulatore è pertanto stocastico.

La gestione dei fabbisogni dei materiali avviene mediante tecnica MRP per gli ordini in portafoglio e a livello di ripristino per i materiali di consumo e quelli gestiti a scorta.

La gestione dei costi permette di valutare, tra gli altri, anche i seguenti parametri sintetici e di efficienza:

- § Giacenza a Magazzino (Inventory)
- § Giacenza a Magazzino Valorizzata
- § Work in Progress

- § Costi delle Risorse
- § Costi da Penali Applicate
- § Ricavi da Penali Incassate
- § Ricavi da Vendite e Cessioni
- § Ordini in Ritardo
- § Consegne Effettuate
- § Ordini su Rete Distribuita
- § Cicli di Riordino Effettuati
- § Ordini Attivi
- § Portafoglio Ordini (Attivi, Dormienti)

Modello di Negoziazione

All'interno di una supply-Chain la rinegoziazione dell'ordine influisce particolarmente sia sulle attività finanziarie sia su quelle produttive di ogni azienda.

In prima approssimazione si prende in considerazione il fatto che un'eventuale richiesta di modifica dell'ordine avvenga esclusivamente a causa di ritardi di una o più componenti del sistema. Non verranno, al momento, trattati casi in cui una azienda richieda anticipi rispetto alla data di consegna originaria. Prendendo in esame solamente due parti, Main Contractor e Sub Contractor, si definisce come un eventuale ritardo influisca sulla gestione delle due aziende. Nell'ipotesi che sia il Main Contractor in ritardo, il Sub Contractor potrebbe ritrovarsi anch'esso in ritardo oppure no. Nel primo caso il Main è predisposto a ridurre la penale del Sub, sia perché il ritardo del Sub non è comunque determinate sulle prestazioni del Main, sia perché il ritardo del sub in realtà genera un benefit. Infatti se il Sub non fosse stato in ritardo il Main sarebbe stato obbligato ad acquistare il semilavorato dal Sub, anticipando la spesa di acquisto del pezzo rispetto all'utilizzo e con aumento dei costi di giacenza. Ovvero il Main avrebbe potuto chiedere un ritardo di consegna al Sub in cambio di una penale. Entrambi i costi non sarebbero sostenuti dal Main nell'ipotesi in cui anche il Sub fosse in ritardo. Analoghe considerazioni possono essere fatte invertendo le parti.

In sede gestionale, assume un livello strategico il fatto che, quando una delle due parti si accorga di aver accumulato un ritardo sulla commessa, questa decida di comunicarlo all'altra o meno. Infatti, la scelta di comunicare il ritardo è determinata dalla certezza che la penale dovuta subisca ridimensionamento essendo il ritardo comunicato con il giusto anticipo. La scelta di non avvisare il partner è dovuta al fatto che tale ritardo potrebbe essere mascherato da un eventuale ritardo del partner stesso. Per la valutazione di ogni singola circostanza si fa riferimento alla matrice dei pagamenti sottostante, contenente un esempio numerico. L'idea è la seguente: si considera che all'istante t_1 sia il Main che il Sub abbiano la possibilità di rinegoziare l'ordine Cx la cui due-date è prevista per il tempo t_2 . In aggiunta, la decisione di rinegoziare o meno avviene senza che nessuno dei due abbia informazioni sulla situazione dell'altro.

A seconda che uno dei partner, o entrambi, siano in ritardo, si possono verificare nove distinte situazioni, nelle quali entrambe le parti hanno un vantaggio diverso a chiedere o meno uno spostamento della due-date ad un tempo t_3 . All'interno di ogni rettangolo vengono indicati i costi aggiuntivi dovuti al ritardo, attribuiti ad ciascuna delle due entità (primo numero per il sub, secondo per il main), rispetto ai costi effettivi sostenuti nel caso in cui la commessa giunga a termine correttamente. La penale imposta dal cliente al main vale 5, mentre la penale imposta dal main al sub 4. Vengono adesso analizzati i nove casi distinti:

- § caso 1 è il caso in cui sia il sub che il main non sono in ritardo sulla commessa, quindi per entrambi non vi è alcun esborso aggiuntivo;
- § caso 2 è il caso in cui il fornitore si accorge di essere in ritardo, ma, sperando che all'istante t_2 il main non sia pronto a ricevere il semilavorato, decide di non comunicare il ritardo accumulato cercando così di non dover pagare alcuna penale. Se alla due-date il sub non riesce a consegnare il proprio pezzo. Si crea un ritardo generale su tutta la commessa, costringendo il

main a pagare una penale, che viene ricaricata sul fornitore dal main stesso (facendogli pagare interamente la quota decisa precedentemente).

- § caso 3 in questo caso il fornitore decide di comunicare al main il proprio ritardo, sperando in una riduzione della penale. Il main, difatti, pur essendo puntuale sulla commessa all'istante t1, ma avendo saputo in anticipo l'impossibilità di soddisfare il cliente in tempo, e volendo premiare il sub per la sua fedeltà, decide per una riduzione della penale.
- § caso 4 ora è il fornitore ad essere in ritardo. Questi decide di non comunicarlo al sub, sperando che anch'esso non sia puntuale e quindi obbligandolo a pagare una penale. In questo caso, comunque, il fornitore riesce a consegnare con regolarità il semilavorato, costringendo quindi il main ad anticipare l'acquisto del suo semilavorato rispetto al momento del reale utilizzo. Da questa situazione ne consegue un aumento dei costi dovuti sia alle spese di giacenza e sia alla leva finanziaria
- § caso 5 il main decide di avvisare del ritardo. Il sub di conseguenza si organizza per posticipare la consegna, rischiando di aumentare le proprie spese, ma mostrandosi collaborativo nei confronti del main.

			Main Contractor		
			In Ritardo		Non in Ritardo
			Comunica (Collabora)	Non Comunica (Non Collabora)	
Sub Contractor	In Ritardo	Comunica (Collabora)	-1; -4 9	-2; -3 7	-2; -3 3
		Non Comunica (Non Collabora)	0; -6 8	-4; -1 6	-4; -1 2
	Non in Ritardo	-1; -6 5	0; -7 4	0; 0 1	

Matrice dei Pagamenti del Modello di Interazione dei Federati

I restanti casi sono i casi in cui entrambi sono in ritardo, ma vi è comunque la possibilità di preavvisare il proprio partner:

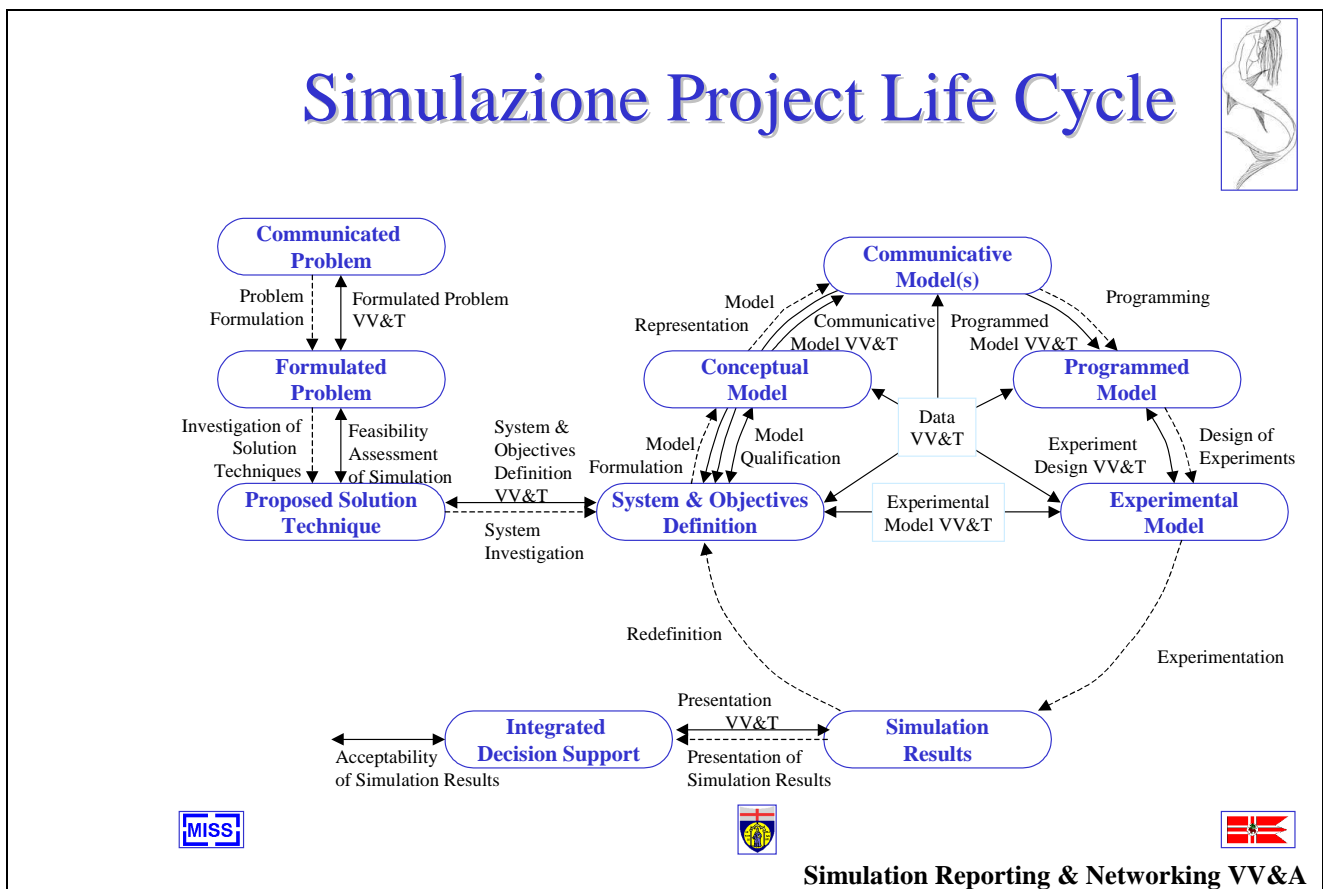
- § caso 6 tutti e due non avvisano del ritardo, ma tale situazione coincide con quella del caso 2 in quanto il main non avrà costi aggiuntivi ai costi alla penale, dovuti ad esempio alla leva finanziaria, poiché il sub non riesce comunque ad consegnare il prodotto in tempo. E comunque il main ha il diritto di far pagare l'intera penale al suo fornitore non puntuale.
- § caso 7 il sub decide di essere onesto e di avvisare del suo ritardo il main. Anche in questa situazione vi è una corrispondenza con il caso 3. Infatti il main è comunque costretto a riconoscere uno sconto sulla penale da assegnare al sub.
- § caso 8 - caso 9 il main avvisa del proprio ritardo; nell'ipotesi che il sub non comunichi il suo, questi non avrebbe un aumento dei costi e, anzi, potrebbe far figurare la posticipazione della consegna come un favore fatto al sub. Nell'altro caso, essendo tutti consapevoli del reciproco ritardo, si troverà un equilibrio nella gestione delle penali. Si presuppone che in queste condizioni la penale che il main farà pagare al sub sarà la più bassa fra tutte le possibilità.

I valori presenti nella matrice dei pagamenti possono dipendere da più fattori, quali la confidenza tra le due parti, il valore economico del semilavorato, la dimensione del ritardo accumulato ecc. Al momento della negoziazione ogni soggetto crea la propria matrice attribuendo i valori più corretti per la sua sensibilità e conformemente alla strategia negoziale impostata.

Verifica dell'Architettura Generale

DIP, Università di Genova

Come già detto la fase di VV&A (Verification Validation & Accreditation) così come la VV&T (Verification, Validation & Testing) rappresentano un processo fondamentale nello sviluppo di un modello complesso di simulazione; tale importanza è amplificata dal fatto che l'architettura WILD prevede anche esercizi di simulazione distribuita in ambiente HLA. Al fine di identificare le fasi opportune della VV&A è stato utilizzato lo schema seguente:



In effetti nell'applicare la VV&A bisogna indagare i seguenti aspetti:

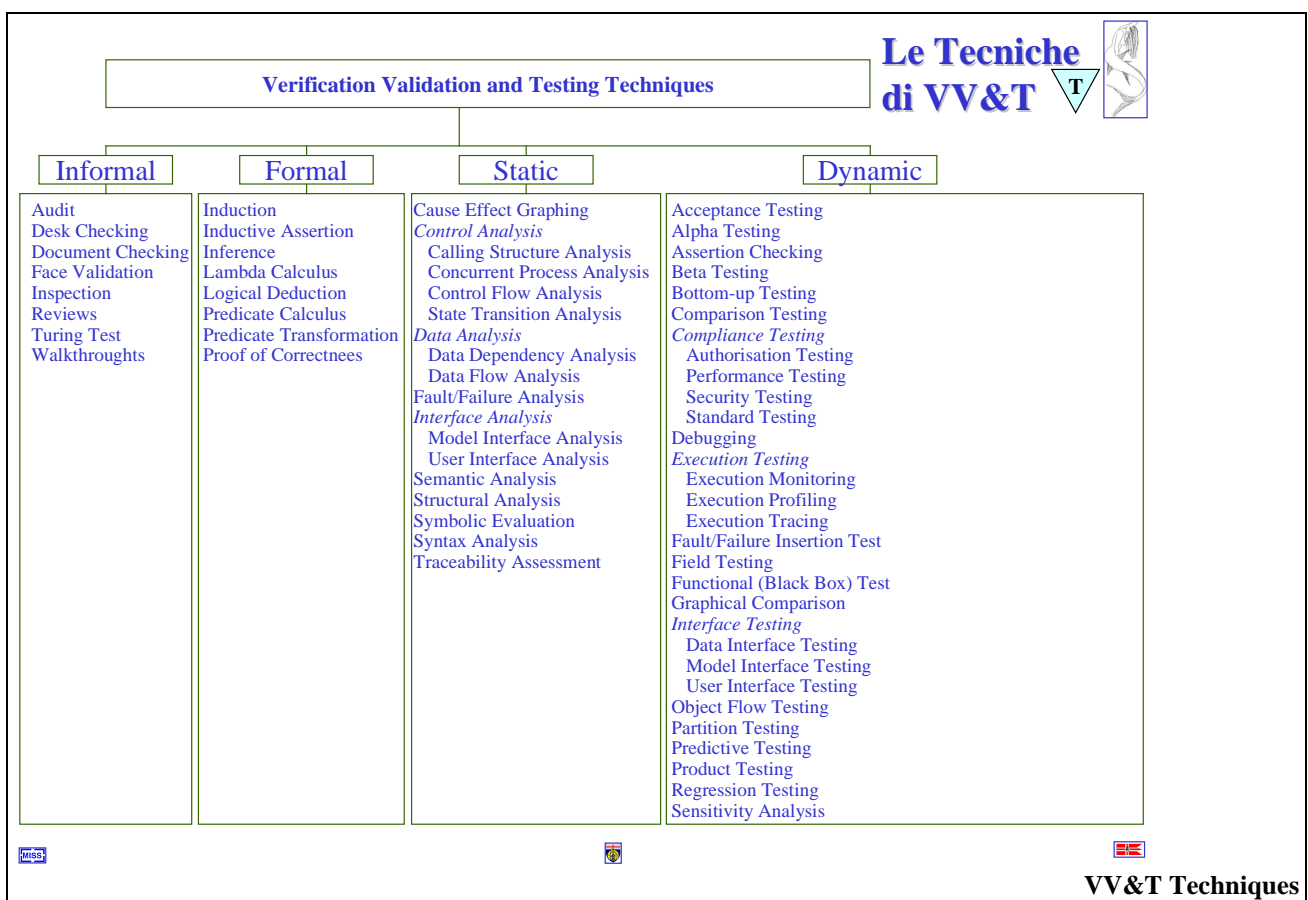
- Cambiamenti
- Ambiente
- Comportamento non Intuitivo
- Abbassamento delle Performances
- Interdipendenza
- Organizzazione

A causa, infatti della stocasticità delle variabili coinvolte, un sistema può variare il proprio comportamento nel corso del tempo. Un simulatore deve tenere efficacemente conto di questa caratteristica e riprodurre dinamicamente i cambiamenti del sistema. È necessario tenere conto

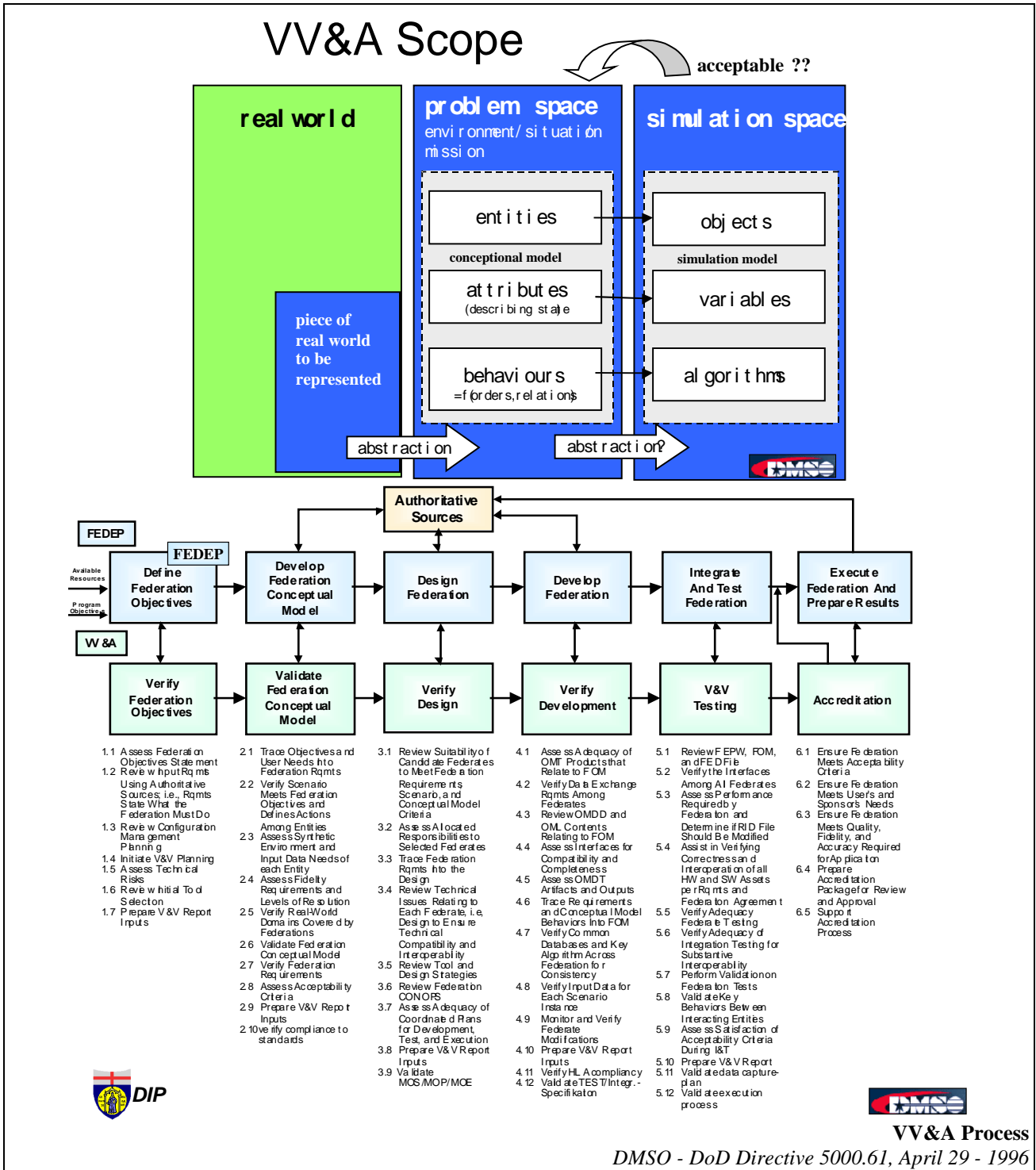
dell'ambiente e delle variabili di input che possono avere una qualche influenza significativa sul comportamento del sistema. Una non corretta valutazione dell'influenza di tali variabili può inficiare l'intero studio di simulazione.

Bisogna inoltre considerare il comportamento non intuitivo dato dal fatto che i sistemi complessi mostrano una relazione non lineare, nello spazio e nel tempo, tra cause ed effetti. È necessario quindi coinvolgere nello studio persone con conoscenze specifiche del sistema in esame. Inoltre un abbassamento delle perforances può manifestarsi a causa del deteriorarsi di alcune componenti del sistema nell'arco del tempo. È necessario tenere in considerazione questo aspetto soprattutto se il modello da costruire deve effettuare delle previsioni. In sistemi stocastici complessi molti eventi ed attività possono accadere simultaneamente ed influenzarsi a vicenda generando interdipendenza.

Per superare tale inconveniente è necessario suddividere il sistema in sottosistemi organizzati che risultino gestibili. In particolare risulta fondamentale identificare le tecniche da impiegarsi per la VV&T del sistema; esistono 75 differenti tecniche applicabili che possono essere riassunte nel seguente schema:



Dette metodologie vengono applicate nel corso di sviluppo del processo di costruzione dei Simulatori denominata FEDEP (Federation Development & Execution Process) e mappati nella direttiva 5000.61 del DoD (Department of Defense, USA) riassunta dal DMSO (Defence Modelling & Simulation Office, DoD USA) nella figura seguente.



Authoritative Sources

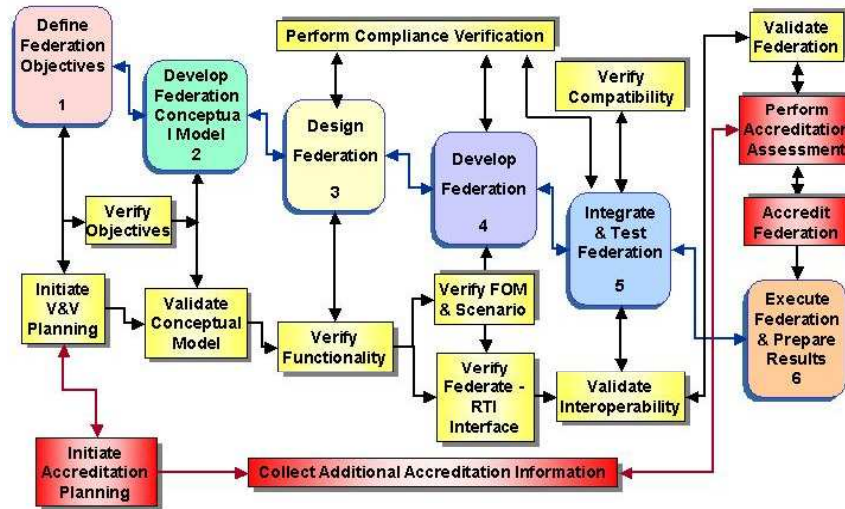
<p>FEDEP</p> <p>Available Resources</p> <p>Program Objective</p> <p style="text-align: center;">Define Federation Objectives</p> <p style="text-align: center;">Verify Federation Objectives</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.1 Assess Federation Objectives Statement 1.2 Review Input Requirements Using Authoritative Sources, i.e., Requirements State What the Federation Must Do 1.3 Review Configuration Management Planning 1.4 Initiate V&V Planning 1.5 Assess Technical Risks 1.6 Review Initial Tool Selection 1.7 Prepare V&V Report Inputs 	<p style="text-align: center;">Develop Federation Conceptual Model</p> <p style="text-align: center;">Validate Federation Conceptual Model</p> <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Trace Objectives and User Needs into Federation Requirements 2.2 Verify Scenario Meets Federation Objectives and Defines Actions Among Entities 2.3 Assess Synthetic Environment and Input Data Needs of each Entity 2.4 Assess Fidelity Requirements and Levels of Resolution 2.5 Verify Real-World Domains Covered by Federations 2.6 Validate Federation Conceptual Model 2.7 Verify Federation Requirements 2.8 Assess Acceptability Criteria 2.9 Prepare V&V Report Inputs 2.10 Verify compliance to standards 	<p style="text-align: center;">Design Federation</p> <p style="text-align: center;">Verify Design</p> <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Review Suitability of Candidate Federates to Meet Federation Requirements Scenario, and Conceptual Model Criteria 3.2 Assess Allocated Responsibilities to Selected Federates 3.3 Trace Federation Requirements into the Design 3.4 Review Technical Issues Relating to Each Federate, i.e., Design to Ensure Technical Compatibility and Interoperability 3.5 Review Tool and Design Strategies 3.6 Review Federation CONORS 3.7 Assess Adequacy of Coordinated Plans for Development, Test, and Execution 3.8 Prepare V&V Report Inputs 3.9 Validate MCS/MOP/MCE 	<p style="text-align: center;">Develop Federation</p> <p style="text-align: center;">Verify Development</p> <ol style="list-style-type: none"> 4.1 Assess Adequacy of OMT Products that Relate to FOM 4.2 Verify Data Exchange Formats Among Federates 4.3 Review OMDD and OML Contents Relating to FOM 4.4 Assess Interfaces for Compatibility and Completeness 4.5 Assess OMDT Artifacts and Outputs 4.6 Trace Requirements and Conceptual Model Behaviors into FOM 4.7 Verify Common Databases and Key Algorithm Across Federation for Consistency 4.8 Verify Input Data for Each Scenario Instance 4.9 Monitor and Verify Federate Modifications 4.10 Prepare V&V Report Inputs 4.11 Verify HL A compliance 4.12 Validate TEST/Integr. Specification 	<p style="text-align: center;">Integrate and Test Federation</p> <p style="text-align: center;">V&V Testing</p> <ol style="list-style-type: none"> 5.1 Review FEPW, FOM, and dFED File 5.2 Verify the Interfaces Among All Federates 5.3 Assess Performance Required by Federation and Determine if RID File Should Be Modified 5.4 Assist in Verifying Correctness and Interoperability of all HW and SW Assets per Requirements and Federation Agreement 5.5 Verify Adequacy of Federation Testing 5.6 Verify Adequacy of Integration Testing for Substantive Interoperability 5.7 Perform Validation on Federation Tests 5.8 Validate Key Behaviors Between Interacting Entities 5.9 Assess Satisfaction of Acceptability Criteria During I&T 5.10 Prepare V&V Report 5.11 Validate data capture plan 5.12 Validate execution process 	<p style="text-align: center;">Execute Federation and Prepare Results</p> <p style="text-align: center;">Accreditation</p> <ol style="list-style-type: none"> 6.1 Ensure Federation Meets Acceptability Criteria 6.2 Ensure Federation Meets User's and Sponsor's Needs 6.3 Ensure Federation Meets Quality, Fidelity, and Accuracy Required for Application 6.4 Accreditation Package for Review and Approval 6.5 Support Accreditation Process
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

VV&A Process

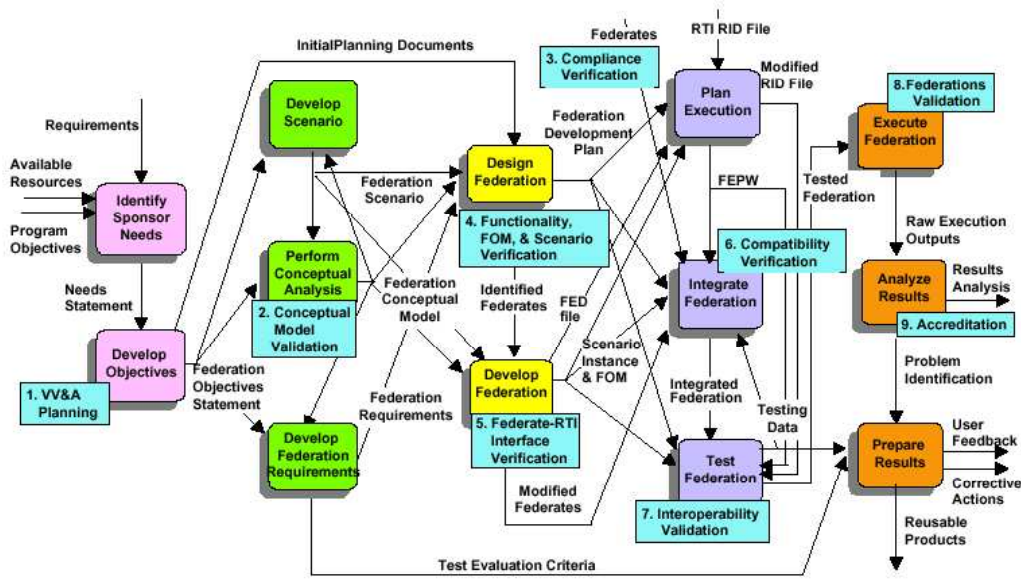
DMSO - DoD Directive 5000.61, April 29 - 1996

L'incastro di detti tecniche con il processo di sviluppo ed impiego di federazioni (o singoli simulatori: in effetti per il DoD si impiega ormai il termine federazione come generalizzazione per coprire tutti i diversi modelli di simulazione comprendendo sia quelli stand-alone che le federazioni distribuite di simulatori High Level Architecture compliant) viene dettagliato nel seguente grafico:

FEDEP & VV&A



Federation Development and VV&A



VV&A Overlay

S.Youngblood - DMSO A VV&A Process for FEDEP

Metodologie Impiegate e Tecniche di VV&A

Il piano di VV&A adottato ha quindi previsto sia una mappatura dettagliata degli obiettivi che la descrizione puntuale di dati, modelli e funzioni richieste, nonché lo sviluppo di simulatori e modelli per la dimostrazione ed il testing delle ipotesi fatte durante lo sviluppo concettuale; infine si sono sviluppate le fasi di test dinamico che prevedono di applicare le seguenti tecniche:

Audit: viene condotto periodicamente per stabilire quanto adeguatamente sia condotto lo studio di simulazione nel rispetto dei piani, delle procedure, degli standard e delle linee guida stabilite. Deve essere possibile identificare gli errori e soprattutto le cause che li hanno generati. L'insieme di questi processi è definito Audit Trial.

Document Checking: e` essenziale che la documentazione del modello sia completa, chiara, corretta, consistente e priva di ambiguità. Deve essere coerentemente aggiornata con gli aggiornamenti del progetto.

Face Validation: i membri del Project Team, potenziali utenti del simulatore, possono confrontare il modello con il sistema in oggetto per verificare che presentino lo stesso comportamento in risposta agli stessi input; a questo proposito la disponibilita` dei modelli preliminari realizzati in Simul8™ fornisce un ulteriore supporto per presentare ai referenti Planning e Scheduling nonche` ai responsabili strategici esempi delle funzionalita` e delle logiche implementate.

Inspections: sono condotte da team di persone per ciascuna fase di sviluppo del modello. Ad esempio, per la fase di progetto del modello il team comprende:

- Moderator: gestisce il team (R. Mosca, DIP)
- Reader: descrive il modello (A. Orsoni, DIP)
- Recorder: produce un report degli errori rilevati (E. Mantero, DIP)
- Designer: rappresentante del team che ha creato il modello (A.G.Bruzzone, DIP)
- Implementator: traduce il modello in codice (R. Revetria, DIP)

Control Flow Analysis & State Transition Analysis: prevede lo sviluppo di un grafico che rappresenta il modello sotto forma di archi e nodi che ne rappresentano il flusso logico ed i passi decisionali. Possono avere diversi obiettivi e sono sviluppati flow chart per i principali oggetti attivi in sede di preliminary conceptual modelling e quindi dagli sviluppatori tramite Petri Net Formalism per la redazione dei modelli in sede di implementazione

Data Flow Analysis: si costruisce un diagramma di flusso delle variabili per rilevare eventuali inconsistenze nelle strutture dati, mancanza di definizione, dipendenze errate.

Interface Analysis: e` una serie di tecniche utili alla V&V di simulazioni interattive e distribuite.

- Model Interface Analysis: determina il livello di accuratezza delle interfacce in termini di struttura e comportamento
- User Interface Analysis: determina l'ergonomia, l'integrazione e la chiarezza dell'interfaccia utente, in modo da prevenire gli errori di utilizzo

Comparison Testing: conosciuto anche come Back to Back Testing si utilizza quando siano disponibili più modelli dello stesso sistema reale. Il confronto rivela eventuali imprecisioni/inaccuratezze; i modelli Supplier, Carrier e Main della federazione WILD_II forniscono un riferimento per condurre detti test confrontando i loro risultati con quelli i modelli RR_HLA.

Debugging: Consiste di quattro step iterativi da condursi da parte degli implementatori:

- 1) Test del modello: rilevazione dei Bugs
- 2) Si trova la causa dell'errore
- 3) Si correggono gli errori
- 4) Si ripete il test per verificare che non vi siano altri errori

Execution Testing: consiste in una serie di tecniche volte a determinare gli errori di rappresentazione del Modello. Richiede la raccolta di molte informazioni e pertanto è opportuno servirsi di database; si prevede di applicare specificatamente:

- Execution Monitoring: esamina informazioni di basso livello circa le attività e gli eventi nel corso dell'esecuzione del modello. Richiede l'Instrumentation e viene condotto dagli implementatori.
- Execution Tracing: osserva l'esecuzione "riga per riga" del modello per esaminarne il comportamento dinamico e viene condotto dagli implementatori.

- **Execution Profiling:** esamina informazioni di alto livello (profiles) circa le attività e gli eventi nel corso dell'esecuzione del modello. Richiede l'Instrumentation.

Sensitivity Analysis: si attua cambiando i valori delle variabili di input all'interno di ranges di interesse predefiniti ed osservando il comportamento del modello. Si utilizza per individuare le variabili al cui cambiamento il modello è più sensibile.

Statistical Techniques: le tecniche statistiche sono strumenti molto efficaci per la validazione dei modelli di simulazione; l'ipotesi fondamentale è che il modello in corso di studio sia completamente osservabile.

Si utilizzano le tecniche statistiche per confrontare i dati del sistema reale con gli output della simulazione; ovviamente le condizioni iniziali e gli input debbono coincidere per ambedue i sistemi (reale e simulato). Si prevede di utilizzare la tecnica dell'evoluzione della MSpE (Mean Square pure Error) nel tempo di simulazione e l'analisi basata su metamodelli regressivi.

Bande di Confidenza: L'accuratezza del modello (validazione) è esprimibile come differenza tra gli output (multivariati) del modello e del corrispondente sistema reale nelle stesse condizioni/situazioni. Il range di accuratezza dell'output j-esimo del modello può venire rappresentato dalla j-esima banda di confidenza (CI) calcolata tra l'output reale e quello simulato. Tutte le bande di confidenza simultaneamente determinate (SCIs) prendono il nome di Model Range of Accuracy (MRA) e vanno confrontate con le specifiche richieste. Si prevede di stimare le bande di confidenza con la metodologia MSpE già descritta.

Visualization Animation: la possibilità di vedere in un simulacro della realtà riprodotti i fenomeni in corso di simulazione è di enorme importanza ed utilità; si possono confrontare comportamenti e evoluzioni che difficilmente verrebbero rilevati solo osservando gli output del modello;

Verifica e Validazione: Modelli HLA

Al fine di poter verificare l'architettura generale della metodologia è stato condotto un set di esperienze preliminari utilizzando la federazione di test WILD_II; nel corso di tali esercizi è stato prodotto un file ASCII dal modulo HORUS in grado di monitorare tutto lo scambio di informazioni; tale file è servito successivamente per le fasi di Verifica e Validazione secondo quanto espresso nelle sezioni sopra riportate.

```
Fed file is : WILD_II.fed
***HORUS: federation execution already exists
***HORUS: joined federation execution
***HORUS: established RTI<->SIM handle Interaction mapping
***HORUS: Initialize Object Supplier
***HORUS: Initialize Object Carrier
***HORUS: established RTI<->SIM handle mapping
***HORUS: initialized DM Interaction disposition
***HORUS: P&S Object Supplier
***HORUS: P&S Object Carrier
***HORUS: initialized DM disposition
***HORUS: time constraint enabled @ 0.0
***HORUS: time regulation enabled @ 0.0
***HORUS: asynchronous delivery enabled
***HORUS: registered new federate instance Carrier
***HORUS: Waiting for other federate.....
***HORUS: Registering Sync point ReadyToRun...
***HORUS: ...Registration Sync Point Succeeded.
***HORUS: Waiting for ReadyToRun...
***HORUS: Waiting for Federation Synchronized
***HORUS: Federation Synchronized

***HORUS: Start - Stop Socket = 1440
***HORUS: Waiting FOR Simulate
***HORUS: Socket = 102 Data= NONE
***HORUS : Read Delivery_Location
WAITING TimeAdvanceGrant...
***HORUS: time grant to 1440.0
```

Gestione della Supply Chain mediante Federazione di Simulatori Interagenti

```
***HORUS: Waiting For Send Data
***HORUS:Receiving Attribute = Pick_Up_Location Valore =
19*47*23*1*1000|25*89*23*2*1000|25*56*23*3*9800|25*88*23*1*68|
***HORUS: Socket = 101 Data= 19*47*23*1*1000|25*89*23*2*1000|25*56*23*3*9800|25*88*23*1*68|
***HORUS:...Done.

***HORUS: Start - Stop Socket = 1440
***HORUS: Waiting FOR Simulate
***HORUS: Socket = 102 Data= 19*47*23*1*1000|25*89*23*2*1000|25*88*23*1*68|25*56*23*3*9800|
***HORUS : Read Delivery_Location
WAITING TimeAdvanceGrant...
***HORUS: time grant to 2880.0
***HORUS: Waiting For Send Data
***HORUS:Receiving Attribute = Pick_Up_Location Valore = NONE
***HORUS: Socket = 101 Data= NONE
***HORUS:...Done.

***HORUS: Start - Stop Socket = 1440
***HORUS: Waiting FOR Simulate
***HORUS: Socket = 102 Data= NONE
***HORUS : Read Delivery_Location
WAITING TimeAdvanceGrant...
***HORUS: time grant to 4320.0
***HORUS: Waiting For Send Data
***HORUS:Receiving Attribute = Pick_Up_Location Valore =
19*47*23*1*1000|25*89*23*2*1000|25*88*23*1*68|25*56*23*3*9800|
***HORUS: Socket = 101 Data= 19*47*23*1*1000|25*89*23*2*1000|25*88*23*1*68|25*56*23*3*9800|
***HORUS:...Done.

***HORUS: Start - Stop Socket = 1440
***HORUS: Waiting FOR Simulate
***HORUS: Socket = 102 Data= 25*89*23*2*1000|19*47*23*1*1000|25*88*23*1*68|25*56*23*3*9800|
***HORUS : Read Delivery_Location
WAITING TimeAdvanceGrant...
***HORUS: time grant to 5760.0
***HORUS: Waiting For Send Data
***HORUS:Receiving Attribute = Pick_Up_Location Valore = NONE
***HORUS: Socket = 101 Data= NONE
***HORUS:...Done.

***HORUS: Start - Stop Socket = 1440
***HORUS: Waiting FOR Simulate
***HORUS: Socket = 102 Data= NONE
***HORUS : Read Delivery_Location
WAITING TimeAdvanceGrant...
***HORUS: time grant to 7200.0
***HORUS: Waiting For Send Data
***HORUS:Receiving Attribute = Pick_Up_Location Valore =
25*89*23*2*1000|19*47*23*1*1000|25*88*23*1*68|25*56*23*3*9800|
***HORUS: Socket = 101 Data= 25*89*23*2*1000|19*47*23*1*1000|25*88*23*1*68|25*56*23*3*9800|
***HORUS:...Done.

***HORUS: Start - Stop Socket = 1440
***HORUS: Waiting FOR Simulate
***HORUS: Socket = 102 Data= 25*89*23*2*1000|19*47*23*1*1000|25*88*23*1*68|25*56*23*3*9800|
***HORUS : Read Delivery_Location
WAITING TimeAdvanceGrant...
***HORUS: time grant to 8640.0
***HORUS: Waiting For Send Data
***HORUS:Receiving Attribute = Pick_Up_Location Valore = NONE
***HORUS: Socket = 101 Data= NONE
***HORUS:...Done.

***HORUS: Start - Stop Socket = 1440
***HORUS: Waiting FOR Simulate
***HORUS: Socket = 102 Data= NONE
***HORUS : Read Delivery_Location
WAITING TimeAdvanceGrant...
***HORUS: time grant to 10080.0
***HORUS: Waiting For Send Data
***HORUS:Receiving Attribute = Pick_Up_Location Valore =
25*89*23*2*1000|19*47*23*1*1000|25*88*23*1*68|25*56*23*3*9800|
***HORUS: Socket = 101 Data= 25*89*23*2*1000|19*47*23*1*1000|25*88*23*1*68|25*56*23*3*9800|
***HORUS:...Done.

***HORUS: Start - Stop Socket = 1440
***HORUS: Waiting FOR Simulate
***HORUS: Socket = 102 Data= 25*89*23*2*1000|19*47*23*1*1000|25*88*23*1*68|25*56*23*3*9800|
```



```

***HORUS : Read Delivery_Location
WAITING TimeAdvanceGrant...
***HORUS: time grant to 11520.0
***HORUS: Waiting For Send Data
***HORUS:Receiving Attribute = Pick_Up_Location Valore = NONE
***HORUS: Socket = 101 Data= NONE
***HORUS:...Done.

***HORUS: Start - Stop Socket = 1440
***HORUS: Waiting FOR Simulate
***HORUS: Socket = 102 Data= NONE
***HORUS : Read Delivery_Location
WAITING TimeAdvanceGrant...
***HORUS: time grant to 12960.0
***HORUS: Waiting For Send Data
***HORUS:Receiving Attribute = Pick_Up_Location Valore =
25*89*23*2*1000|19*47*23*1*1000|25*88*23*1*68|25*56*23*3*9800|
***HORUS: Socket = 101 Data= 25*89*23*2*1000|19*47*23*1*1000|25*88*23*1*68|25*56*23*3*9800|
***HORUS:...Done.

***HORUS: Start - Stop Socket = 1440
***HORUS: Waiting FOR Simulate
***HORUS: Socket = 102 Data= 25*89*23*2*1000|19*47*23*1*1000|25*88*23*1*68|25*56*23*3*9800|
***HORUS : Read Delivery_Location
WAITING TimeAdvanceGrant...
***HORUS: time grant to 14400.0
***HORUS: Waiting For Send Data
***HORUS:Receiving Attribute = Pick_Up_Location Valore = NONE
***HORUS: Socket = 101 Data= NONE
***HORUS:...Done.

***HORUS: Start - Stop Socket = Stop
***HORUS: Simulation Ended please Destroy FedEx
***HORUS: resigned from federation

```

Esempio: File ASCII Verifica e Validazione del Modello Carrier in Fed.e WILD_II di Test

SISTEMA DISTRIBUITO BASATO SU AGENTI AUTONOMI

DIP, Università di Genova

Occorre innanzitutto premettere una definizione di “agente” sufficientemente chiara per poter caratterizzare l’ambito operativo e cogliere i vantaggi di un’architettura basata sugli agenti autonomi. Nel tempo differenti definizioni sono state proposte dagli autori e in letteratura è possibile reperire vaste trattazioni in materia; la presente classificazione si richiama ad un lavoro di S. Franklin e A. Graesser presentato a 3° International Workshop on Agent Architecture and Languages.

Definizioni

MuBot Agent: “*Il termine agente è utilizzato per rappresentare due concetti ortogonali. Il primo riguarda l’abilità di avere un’esecuzione autonoma. Il secondo è l’abilità di operare ragionamento orientato al dominio*”

AIMA Agent: “*Un agente è un’entità in grado di percepire l’ambiente circostante attraverso i suoi sensori ed agire sull’ambiente attraverso i suoi attuatori*”

Hayes-Roth Agent: “*Gli agenti intelligenti svolgono continuamente tre funzioni: percezione delle condizioni dinamiche dell’ambiente circostante, azione per modificare le condizioni dell’ambiente, ragionamento per interpretare le percezioni ricevute, risolvere problemi, ricavare inferenze e prendere decisioni*”

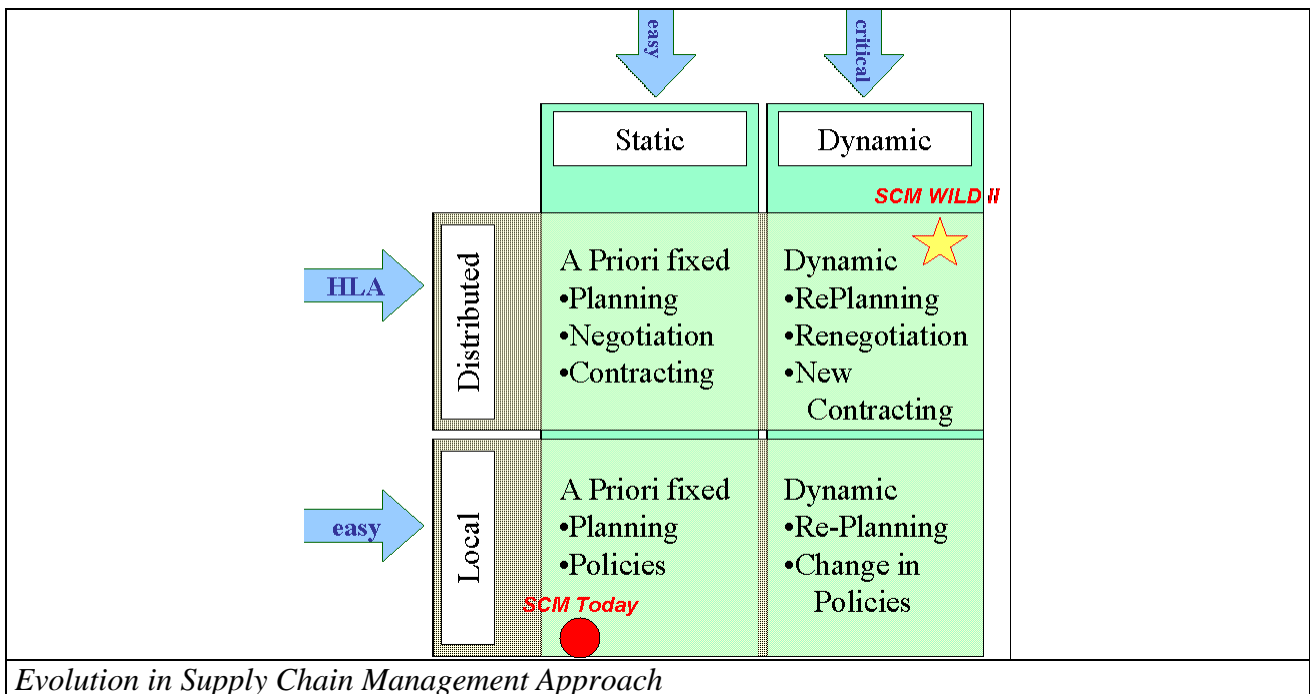
Come è facile notare la caratteristica saliente dell’architettura ad agenti è la responsabilizzazione e distribuzione dell’“intelligenza” attiva nel sistema considerato. Tale capacità consiste nella possibilità di delegare azioni complesse (es. pianificazioni ed ottimizzazioni distribuite) ad un set di entità in grado di percepire il mondo circostante e di elaborare una strategia di risposta ed azione conforme agli obiettivi che si desiderano perseguire. Questo schema concettuale si avvicina

particolarmente allo schema fisico della Supply Chain. In una rete del valore, infatti, i soggetti coinvolti agiscono sulla base delle informazioni percepite dai loro “sensori” e operano scelte in grado di influenzare l’ambiente stesso (es. produzione, distribuzione, ecc.). La capacità di elaborare uno schema di realtà percepita tipico degli attori della Supply Chain risulta quindi ben interpretato dallo spirito degli Agenti Autonomi.

Risulta naturale, a questo punto, definire le architetture di pianificazione strategica ed operativa della Supply Chain attraverso il ricorso alla logica ad agenti; la particolare struttura, poi, del protocollo di simulazione distribuita scelto (HLA _ High Level Architecture) consente la diretta applicazione dello schema indicato mediante l’implementazione nei federati RR_HLA e l’upgrade dei simulatori GG.

Schemi Base di Pianificazione Strategica ed Operativa Basati su Agenti Autonomi

Tradizionalmente la gestione della supply chain ha visto gli attori concentrarsi sui propri processi produttivi impiegando sistemi di pianificazione e controllo della produzione spesso non integrati nel ERP aziendale e comunque caratterizzati da un’approccio statico e deterministico alla realtà.

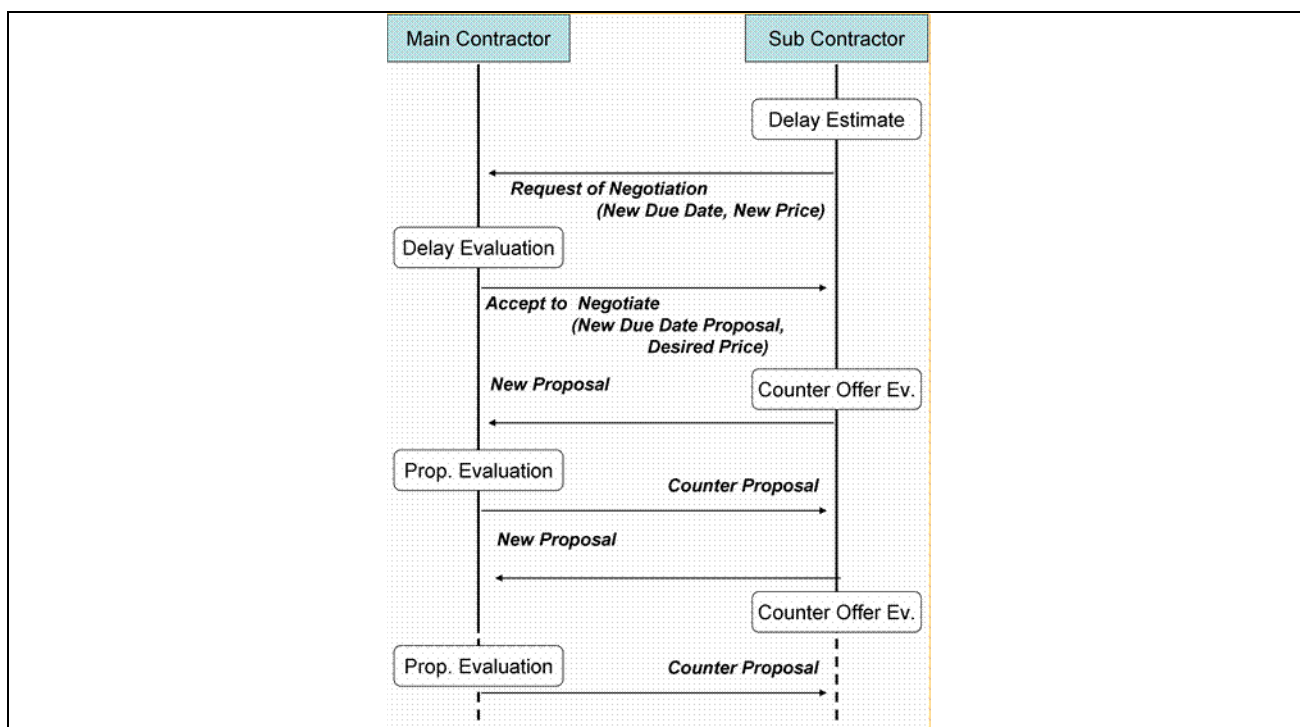


Attraverso l’uso dei pacchetti MRP disponibili la programmazione della produzione ha permesso di esplodere all’indietro i fabbisogni e creare una schedulazione backward dei fabbisogni spesso ragionando a capacità infinita. La pratica poi di utilizzare schedulatori a capacità finita ha rappresentato per molti soggetti l’unica alternativa per la creazione di programmi credibili ma ha aperto una falla enorme nella gestione scorte. La naturale variabilità della domanda unita alla scarsa affidabilità di fornitori non selezionati e il costante ricorso alla pratica dell’outsourcing hanno, di fatto, avuto come conseguenza un innalzamento delle scorte di magazzino e quindi una diseconomia di gestione. Ricordando il legame tra la varianza degli approvvigionamenti (materia e lavoro di terzi ad esempio) ed il livello di scorta di sicurezza si percepisce come questo problema debba essere affrontato in maniera più efficace. Oggi non è più credibile utilizzare lo schedulatore per validare un piano di produzione per quale occorre necessariamente utilizzare un simulatore in grado di valutare l’impatto della variabilità stocastica nel sistema e determinare corrispondenti strategie gestionali caratterizzate da una robustezza maggiore. Nell’industria cantieristica (es. grandi costruzioni, impiantistica, su commessa, ecc.) la durata delle operazioni è tale che lo strumento di simulazione diviene l’unica alternativa oggi disponibile per la gestione dell’avanzamento di

commessa ed il controllo dei costi ad essa correlati. La federazione WILD implementata richiede, quindi, che vengano simulate non solo le operazioni manifatturiere tipiche della produzione ma che vengano validate e testate anche le complesse logiche interattive tra gli attori della Supply Chain. Dal punto di vista modellistico il fenomeno della negoziazione di una data di consegna o di un prezzo di cessione divengono fasi cruciali e richiedono approcci in grado di simulare il comportamento di un'entità che agisce sulla scorta delle informazioni che autonomamente percepisce dal mondo circostante e conformemente alle proprie dottrine.

Definizione di un'Architettura ad Agenti per la Negoziazione dell'Ordine

Il software federato RR_HLA implementa una logica ad agenti in grado di gestire in maniera autonoma il processo di negoziazione degli ordini tra le due entità Main Contractor e Sub Contractor. Nello scenario operativo il Sub Contractor a fronte di una commessa da parte del Main determina una propria stima interna della capacità di rispettare tale data; questa capacità di introspezione, tipica degli agenti autonomi, viene attivata all'atto della ricezione degli ordini e ad ogni intervallo di tempo simulato secondo un algoritmo di ripianificazione interno ed un meta-modello di simulazione.



Architettura ad Agenti per la Gestione della Negoziazione

Concordemente alla propria dottrina l'agente Sub contractor è in grado di elaborare una scelta autonoma al suo interno che influenza il mondo circostante attraverso un'azione software detta Richiesta di Negoziazione. L'agente Main Contracor è, ora, in grado di percepire questo evento nel proprio mondo e di elaborare una propria autonoma strategia comportamentale in accordo al proprio stato interno ed alla sua dottrina. L'azione esterna del Main è dunque una manifestazione di volontà che è in grado, in accordo alla definizione di agente, di influenzare il mondo circostante (Accettazione, Rifiuto, Controproposta). Grazie alla natura tecnologica dell'HLA ed alla struttura di implementazione del software federato RR_HLA gli agenti sono in grado di interagire simultaneamente con qualsiasi altro federato che operi sullo stesso protocollo negoziale. Il software federato di simulazione e pianificazione ad Agenti RR_HLA sviluppato dal DIP- Università di Genova è dunque conforme alla definizione di Agente Autonomo ed opera in maniera distribuita per la gestione dinamica e distribuita della Supply Chain.

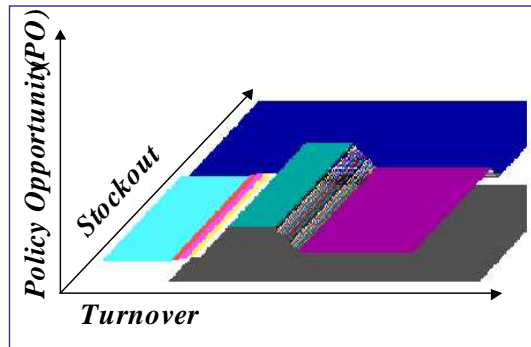
DEFINIZIONE DELLE TECNICHE PIÙ EFFICIENTI PER IMPLEMENTARE L'OTTIMIZZAZIONE, TRA SISTEMI ESPERTI, RETI NEURALI ED ALTRE TECNICHE DELLA AI

DIP, Università di Genova

Uno dei parametri fondamentali dello studio della Supply Chain è relativo alla possibilità di poter utilizzare gli strumenti sviluppati al fine di poter migliorare le prestazioni della rete stessa e la redditività del processo produttivo ad essa sotteso. La pratica comune della gestione dei sistemi di produzione risiede essenzialmente nell'utilizzo di modelli, di ricerca operativa od empirici, in grado di stimare i costi ed i benefici di differenti alternative; tali approcci si basano, spesso, su semplificazioni del problema in esame e sulla linearizzazione di alcuni vincoli che non sempre trovano riscontro nella realtà. La forte non linearità dei problemi considerati rende, quindi, la tecnica di sovrapposizione degli effetti assolutamente impraticabile e limita ulteriormente il campo della Ricerca Operativa applicata all'ottimizzazione delle catene produttive. Ulteriore, ma non meno importante, fattore da tenere in considerazione è la scarsa disponibilità delle informazioni che rimane patrimonio riservato delle varie entità coinvolte e che spesso è oggetto di stime da parte dei concorrenti.

Fuzzy Logic@Logistic AMT – Genoa

- The Fuzzy Logic DSS will retrieve PDV and CI data from the Database and will merge the Turnover with the PDV value to obtain the Turnover Opportunity (TO) parameter.
- This value represents the need to have a higher Turnover.
- IC value and Stockout will be merged in the Stockout Opportunity (SO):
- TO and SO are finally merged in the Policy Opportunity (PO) parameter.

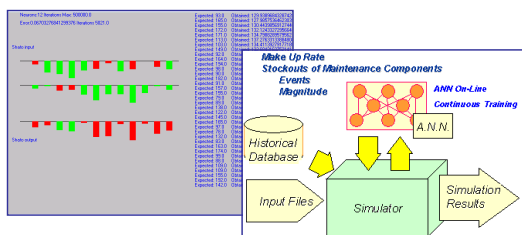


For each Items the SAP R/3 ERP provides:

- *Item Cost (IC)*
- *Prospective Demand Volume (PDV).*

The Fuzzy Logic Module provide:

- the Replenishment Contract to be Signed



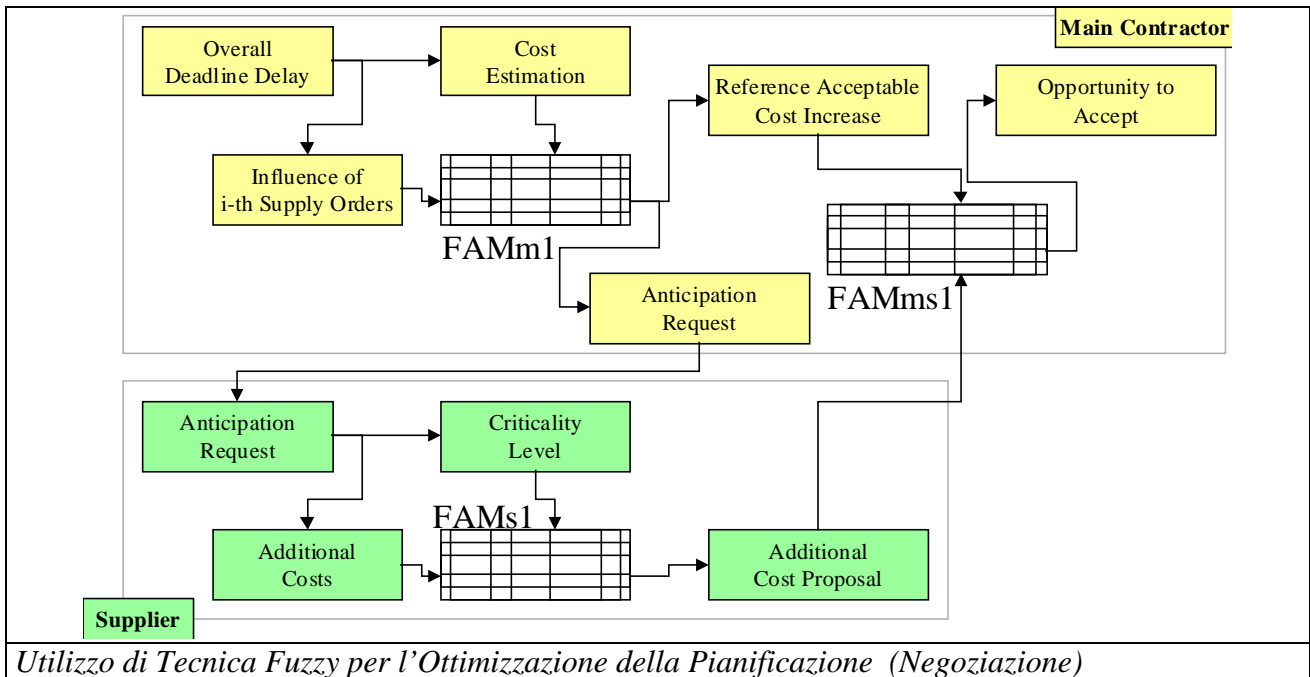
MISS-DIP University of Genoa, Italy



Integrazione di Tecniche Fuzzy Logic e Reti Neurali nella Gestione dei Fabbisogni

La possibilità di poter disporre di strumenti di supporto alle decisioni formali (Es. Sistemi Esperti) è senz'altro interessante ma risulta di assai difficile implementazione richiedendo uno sforzo di integrazione di una conoscenza molto spesso fortemente distribuita e contraddittoria; regole empiriche gestionali (es. determinazione del Lead Time di Riordino) spesso consolidate, hanno per base più l'intuizione e la sensibilità personale piuttosto che una rigorosa espressione o formulazione matematica. Gli stessi strumenti di formalizzazione della conoscenza sono difficilmente presenti all'interno della realtà produttiva nazionale ed internazionale e non sono in grado di rispondere ai

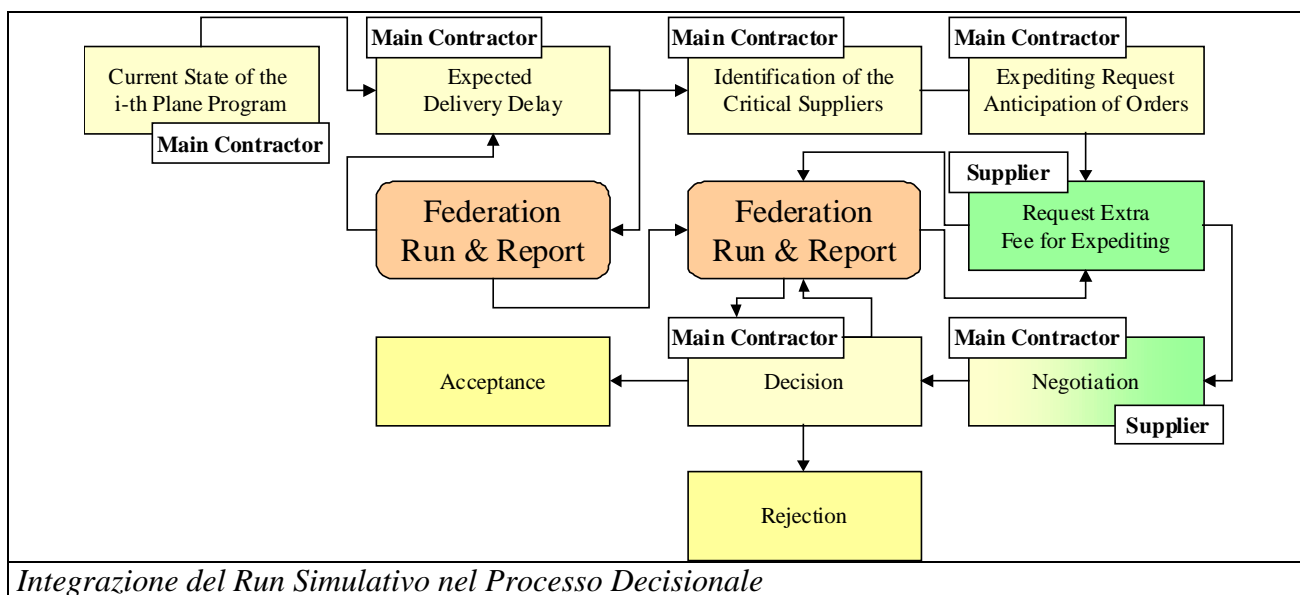
bisogni concreti dell'industria. La formalizzazione esplicita delle complesse relazioni di interdipendenza tra le varie entità coinvolte non essendo in grado di offrire uno sbocco alle istanze della produzione potrebbe sembrare aprire la porta alle soluzioni Black Box come le Reti Neurali. Lo strumento del calcolo connessione rappresenta, per molti settori, un valido strumento in grado di poter efficacemente fornire modelli comportamentali di realtà fenomenologiche complesse e non ben comprese; il risultato ottenibile dall'impiego di una rete neurale è dunque una "scatola nera" in grado di comportarsi alle stregua del sistema reale, dopo aver superato un adeguato periodo di addestramento. Similmente a quello che farebbe uno sperimentatore nei confronti del sistema reale, la Rete Neurale può essere utilizzata per condurre una serie di esperimenti del tipo "what - if" e valutare nuove strategie. Alla luce, tuttavia, della intrinseca difficoltà a reperire basi dati sufficientemente estese per procedere all'addestramento del modello neurale, nonché alla complessa problematica della codifica delle informazioni il modello di applicazione neurale non risulta idoneo all'impiego come ottimizzatore. Una delle tecniche che appaiono più interessanti è la teoria del ragionamento sfumato o "Fuzzy Logic"; tale approccio consente di esprimere in maniera linguistica regole generali, anche formalizzandole in maniera imprecisa, che possono essere facilmente reperibili all'interno delle organizzazioni aziendali coinvolte nella Supply Chain. In tal maniera la Fuzzy Logic costruisce un corpus di conoscenze in grado di poter fornire risposte quantitative ai problemi gestionali più comuni (come il livello delle scorte o l'anticipo di riordino).



Approcci di questo tipo sono stati proficuamente applicati dal DIP Università di Genova a casi aziendali settori produttivi reali come l'industria di servizio (AMT-Genova) o quella produttiva (ANSALDO-Energia). Nel primo caso l'applicazione ha consentito di esprimere le regole di gestione del processo di Replenishment di un magazzino pezzi di rispetto di una delle più grandi aziende di trasporto pubblico d'Italia. Nel secondo caso la Fuzzy Logic è stata applicata alla determinazione del livello di riordino del materiale presente a magazzino. I risultati ottenuti dall'applicazione di tali tecniche hanno dimostrato una decisa capacità di migliorare le performances dei sistemi a cui sono stati applicate; nel caso dell'AMT si è raggiunto una riduzione dei costi di gestione delle scorte del 30% a fronte di un immagazzinato di oltre 3.500.000€. Nel caso applicativo in esame è possibile tratteggiare uno scenario di impiego della metodologia Fuzzy Logic applicata alla gestione delle rinegoziazione degli ordini attivi. La metodologia prevede di fuzzificare (cioè di esprimere una variabile numerica in termini di appartenenza alle classi fuzzy) le variabili relative alla stima del ritardo patito dall'intero progetto da parte del main, al costo del

ritardo corrispondente e all'influenza del ritardo *i*-esimo sul pezzo in rinegoziazione. Tramite una matrice fuzzy è possibile, quindi, attivare i livelli di Anticipo, Richiesta e Incremento Costo che piloteranno, sulla base della risposta ottenuta dal Sub contractor, l'accettazione o il rifiuto della negoziazione. La richiesta di anticipo nel Sub contractor entra nel modulo di stima dei costi mediante la determinazione di nuovi livelli di costo e criticità che, nella matrice corrispondente, determineranno il livello di contro-proposta opportuno. Come è facilmente osservabile l'interazione di variabili fuzzy all'interno della federazione può essere espressa mediante regole empiriche e formalizzata in una maniera meno restrittiva dell'utilizzo di un sistema esperto tradizionale. I vantaggi di tale applicazione risiedono quindi nella pratica applicabilità delle dottrine comportamentali proprie dei sistemi costituenti la Supply Chain e nel loro successivo test operativo tramite ricorso al run simulativo. La metodologia prevista diviene allora uno schema multi-loop nel quale la simulazione consente l'individuazione delle criticità rispettivamente a livello di individuazione dei ritardi attesi, identificazione dei fornitori/subcontractor critici, determinazione del livello di expediting o anticipazione richiesto e nel supporto alla stima delle offerte e contro-offerte negoziali. Il processo decisionale diviene quindi uno schema procedurale in cui la simulazione consente la stima quantitativa a priori degli effetti delle azioni ed in cui la Fuzzy Logic guida il decisore verso le scelte più remunerative o di minor rammarico.

Strumenti Fuzzy fortemente integrati con modelli di simulazione, implementati dal DIP, sono attualmente funzionanti in realtà produttive importanti e dimostrano con i loro risultati le potenzialità dell'approccio proposto.



IDENTIFICAZIONE PARAMETRI PRESTAZIONALI DELLA SUPPLY CHAIN

DIMEC, Università di Salerno

La Misura della Performance della Supply Chain:

Un Excursus Tra i Modelli Di Simulazione Presenti in Letteratura.

L'ampio spettro di variabili che caratterizzano una Supply Chain ha dato adito a numerose metodologie per la classificazione dei modelli che tentano di riprodurla.

Ci si rende conto che nessun modello è in grado di includere tutti gli aspetti dei processi coinvolti nella SC. La formulazione di un sistema onnicomprensivo comporterebbe un'ardua interpretazione dei risultati a causa dell'interferenza tra i molti fattori coinvolti, i quali, interagendo tra loro secondo regole non sempre note, impediscono di stabilire relazioni di causa-effetto.

Perciò, all'atto di definirne l'obiettivo, è necessario raggiungere un compromesso tra complessità e realistica del modello, in maniera tale che lo studio risulti verosimile ma allo stesso tempo non troppo complicato.

La definizione dell'obiettivo del modello conduce ad una prima, sommaria classificazione. Si distinguono tre livelli gerarchici di decisione:

- § Strategico
- § Tattico
- § Operativo.

I modelli dotati di obiettivi strategici affrontano problematiche quali l'ubicazione e l'allocatione delle risorse, la definizione del canale di distribuzione, lo sviluppo di nuovi prodotti, la scelta dei fornitori, la determinazione dei prezzi, la scelta dei sistemi informativi.

I modelli con obiettivi tattici affrontano problematiche quali la gestione delle scorte, il coordinamento inter-aziendale della produzione e della distribuzione, la movimentazione dei materiali, la progettazione dei layout.

Tipici obiettivi operativi sono, invece, l'ottimizzazione del trasporto interno, delle lavorazioni, dello stoccaggio e immagazzinamento.

Come già ricordato altrove la linea di demarcazione tra questi obiettivi non è affatto netta e, di conseguenza, la classificazione dei modelli basata su tali parametri è labile.

Una classificazione analoga viene proposta da Ganeshan e Harrison, che individuano tre classi differenti di modelli:

- § Network design methods
- § Rough cut methods
- § Simulation methods

I Network design methods, in maggioranza, forniscono gli strumenti di supporto per decisioni strategiche, quali l'ubicazione delle risorse della Supply Chain. Arntzen, Brown, Harrison, e Trafton (1995) forniscono un modello importante, il cui obiettivo è minimizzare una funzione costo-temporale, che include da una parte costi delle lavorazioni, approvvigionamento, trasporto, mantenimento scorte, e dall'altra, lead time di produzione e trasporto. Dunque, le imprese possono trarre profitto da tali modelli, specialmente nelle decisioni il cui orizzonte temporale è lontano, e che richiedono un rilevante grado di integrazione operativa o di collaborazione strategica. I limiti di tali approcci sono da ricercarsi nella genericità dei modelli, nel loro basso grado di dettaglio, che garantiscono una buona visione d'insieme, ma non aiutano i decision makers nella gestione operativa a breve e medio termine. Inoltre, tali modelli raramente pervengono a soluzioni ottime.

I Rough cut methods rappresentano buona parte della letteratura riguardante la supply chain, e tipicamente intervengono su decisioni di natura operativa. Questi sistemi interpretano la Supply Chain come un insieme di "single site", legati gli uni agli altri da relazioni semplici. L'obiettivo più diffuso dei rough cut methods è la gestione delle scorte, a più livelli della catena. Nonostante il tentativo di ridurre i costi delle scorte aumentando il servizio al cliente, spesso questi studi ignorano l'aspetto produttivo della supply chain, soffermandosi su quello distributivo. Un altro limite spesso riscontrato in questi modelli è rappresentato dal fatto che essi lavorano sotto ipotesi troppo restrittive (modelli di domanda e lead time) e poco rappresentative della realtà.

I Simulation methods sono tecniche d'indagine di processi dinamici in sistemi complessi e incerti. Il modello di supply chain viene formulato e utilizzato per le simulazioni al calcolatore da cui si deducono decisioni di tipo sia strategico che operativo. Per via della complessità e delle incertezze contemplate dal sistema, nei metodi di simulazione le relazioni tra le variabili e gli obiettivi da perseguire non sono formalizzate in maniera analitica e, di conseguenza non è possibile pervenire a soluzioni ottime, frutto di soluzioni analitiche. Vengono condotte analisi di sensibilità volte a conoscere l'impatto dei singoli parametri sulle prestazioni generali.

Beamon (1998) propone una classificazione basata sulla distinzione in:

- § Modelli deterministici
- § Modelli stocastici.

Min, Zhuo(2002) estendono tale classificazione aggiungendo alle suddette categorie:

§ Modelli ibridi

§ Modelli basati su IT(Information Tecnology).

I modelli deterministici si basano sull'assunto che tutti i parametri in gioco sono noti e fissati. Essi si suddividono in modelli ad obiettivo singolo e modelli multi-obiettivo. Questi ultimi hanno avuto un certo sviluppo perché soddisfano la crescente necessità di armonizzare i singoli obiettivi, talvolta contrastanti, dei soggetti della catena produttiva. Cohen e Lee (1989) hanno sviluppato un modello non lineare di catena logistica comprendente la pianificazione centralizzata degli approvvigionamenti, della produzione, e dei trasporti tra gli impianti. Il modello contempla vincoli sulla domanda e sulla capacità produttiva. Esso tenta di massimizzare l'utile al netto delle imposte attraverso la progettazione della rete logistica e il controllo del flusso di materiali in essa. Un altro esempio ci viene fornito da Ashayeri e Rogen(1997) che applicano la teoria decisionale ad un metodo risolutivo multi-criterio, chiamato ELECTRE, per lo sviluppo di una strategia di riposizionamento dei centri di distribuzione basata sul flusso di materiali, sull'ubicazione dei centri di distribuzione, sul tempo di throughput.

I modelli stocastici tengono conto delle incertezze presenti nel sistema tramite parametri casuali. Invero, esistono molti elementi aleatori in una SC, quali la domanda di beni, i tempi di processi, di trasporto etc.. Lee e Billington (1993) tentano di migliorare i flussi di materiale attraverso l'integrazione dei processi di marketing, produzione e distribuzione, sviluppando un programma stocastico. Il loro modello si prefigge di determinare la politica di riordino dei materiali, il livello di servizio per ciascun prodotto e le strategie di posposizione della produzione(differenziazione dei prodotti spostata a valle della catena). Altri esempi di modelli stocastici sono quelli dovuti ai tanti autori che hanno contribuito a studiare l'effetto dello sbilanciamento tra domanda e produzione lungo la SC, il cosiddetto "bullwhip effect", dovuto alle aleatorietà del sistema e alla mancanza di condivisione di informazioni. Su tutti si ricorda lo studio di Lee(1997) nel quale si sviluppa un modello di programmazione dinamica capace di minimizzare i costi di produzione, di mantenimento delle scorte, di eccesso di domanda, nel rispetto dei vincoli produttivi del sistema.

I modelli ibridi includono sia elementi deterministici che stocastici. Essi comprendono principalmente modelli teorici per la gestione delle scorte e modelli più generali per la simulazione capaci di trattare le certezze e le incertezze dei parametri coinvolti. Vista la pesante influenza che i costi di mantenimento delle scorte hanno sui costi totali, la letteratura è ricca di modelli relativi a questo argomento. Cachon(1999) utilizza una teoria per il controllo delle scorte sotto l'ipotesi di domanda stocastica tra fornitore e distributore, su un periodo infinito. Nello studio, Cachon indaga sulla possibilità di utilizzare una tecnica di ridistribuzione degli utili tra i partners. Towin, Naim e Wikner (1992) hanno sviluppato un modello di simulazione dedicato alla valutazione di regole dinamiche di decisione, in diversi scenari "what-if". La proposta principale dello studio è la determinazione delle regole di decisione ottimali che permettano di ridurre i lead time, comprimendo il canale di distribuzione, e di coordinare il flusso di informazioni lungo la catena. Una delle caratteristiche originali è l'uso di diagrammi di influenza per la rappresentazione di relazioni causa-effetto tra le regole decisionali e i miglioramenti della performance. E', inoltre il caso di citare il modello di Petrovic e Roy (1998) che utilizza la logica Fuzzy per il trattamento delle incertezze. L'obiettivo è determinare i punti di riordino delle scorte, in un ambiente caratterizzato da variabilità della domanda e della fornitura di materie prime. I risultati, poi, vengono utilizzati in ingresso ad un sistema che valuta le alternative sull'entità degli approvvigionamenti in un orizzonte temporale finito.

I modelli basati sulla Information Tecnology stanno vivendo un momento di considerevole proliferazione. Essi puntano a integrare e coordinare varie fasi della pianificazione della SC in tempo reale, con l'ausilio di software applicativi in grado di garantire piena visibilità su tutta la linea. Questi modelli comprendono: warehouse management system(WMS), transportation management system(TMS), collaborative planning and forecasting replenishment(CPFR), material requirement planning(MRP), distribution resource planning(DRP), geographic information

system(GIS). Questi software hanno ottenuto una grande diffusione grazie alla loro capacità di migliorare il flusso informativo nella Supply Chain. Una particolare menzione è riservata all'ERP(enterprise replenishment planning). L'ERP è un software multi-modulare concepito per gestire e controllare una vasta gamma di attività, dalla pianificazione della produzione alla gestione delle scorte, dal trattamento dell'ordine alla pianificazione delle risorse, umane e non.

È chiaro che le classi di appartenenza definite dai vari criteri di classificazione non sono nettamente distinte ma, sovente, si intersecano. L'importanza delle classificazioni va rintracciata principalmente nel fatto che esse mettono in luce le caratteristiche più importanti dei modelli.

In questo studio, si pone l'attenzione su quei modelli in cui il campo decisionale è principalmente di natura tattica e operativa, con particolare riguardo per la gestione della produzione, il rilascio e il trattamento degli ordini in produzione. Essi, inoltre, contemplano la presenza di incertezze nel sistema, affiancando ad elementi deterministici elementi stocastici. L'architettura tipica di tali modelli è multi-livello, trattandosi rough cut model e simulation model.

Il Controllo Delle Prestazioni

Il concepimento di un sistema di misurazione della performance è un procedimento che deve necessariamente seguire i seguenti passi:

- § Determinare gli aspetti da valutare e misurare
- § Rispondere alla domanda "Cosa misurare?" significa conoscere gli obiettivi strategici della SC. La valutazione della performance deve essere congruente con la strategia della SC. Assunto che l'obiettivo finale di qualsiasi impresa(escluso le no-profit) è quello di produrre un utile di bilancio, il problema è capire quali siano gli aspetti dell'impresa che vanno ottimizzati per raggiungere tale obiettivo. Si tratta cioè di fissare degli obiettivi intermedi, in termini di prestazione, il cui raggiungimento abbia un benefico effetto sui risultati finali della SC. Le aree di interesse per lo sviluppo della strategia sono quattro:
 - § I costi
 - § L'efficienza delle risorse produttive
 - § La soddisfazione del cliente
 - § La flessibilità dei processi

Ciascuna di queste categorie dà vita ad una serie di indici di performance che verranno in seguito approfonditi. È opportuno sottolineare che le relazioni esistenti tra le tre aree di intervento sono innumerevoli, complesse, e, spesso, esclusive, nel senso che il miglioramento di uno degli aspetti potrebbe determinare il peggioramento di un altro. Per esempio, l'incremento della saturazione media delle risorse può comportare un aumento del volume produttivo, ma anche una minore flessibilità di mix.

In questi casi è quanto mai necessaria un'analisi globale e bilanciata delle misure effettuate, interpretando i dati alla luce degli obiettivi strategici preposti.

Individuare gli indici di performance appropriati

La possibilità di scegliere un solo indice di performance come misura dell'azione dell'impresa è una prospettiva piuttosto allettante, in virtù della semplicità di questo metodo. Purtroppo, tale tecnica si dimostra inadeguata a descrivere tutti gli aspetti della performance globale. Tipicamente i primi sistemi di misura della prestazione erano basati sulla valutazione dei costi. L'esclusivo controllo dei costi se da un lato permette di perseguire l'obiettivo della massimizzazione degli utili dall'altro non consente di valutare le conseguenze che una politica volta alla brutale riduzione dei costi ha sulla qualità del prodotto e sul servizio al cliente, nonché le alternative di sviluppo foriere di un incremento della redditività a lungo termine.

Di qui la necessità di un sistema di controllo della prestazione che sia dotato delle seguenti caratteristiche:

- § Onnicomprensivo: il sistema è in grado di contemplare tutti gli aspetti delle attività nella SC;

§ Universale: il sistema consente di confrontare situazioni caratterizzate da diverse condizioni operative “al contorno”

§ Misurabile: i dati richiesti sono rilevabili e quantificabili;

§ Coerente: le misure richieste sono in linea con gli obiettivi strategici.

Analizzare le misure delle prestazioni per controllare e migliorare la qualità della catena produttiva. I dati forniti dalla misurazione della performance vengono trattati ed elaborati da un sistema di controllo, capace di interpretarli correttamente e di suggerire al management le azioni da intraprendere per il mantenimento ed il miglioramento delle prestazioni della SC.

I sistemi di valutazione della performance proposti dagli studiosi e implementati nelle realtà aziendali sono svariati. Essi differiscono per la diversa classificazione degli indici, nonché per l’approccio utilizzato nell’interpretazione dei dati.

L’implementazione Dei Sistemi Di Controllo Della Performance

Il processo d’implementazione di un sistema di controllo della performance è presente in letteratura in varie formulazioni. Qui si riporta una procedura per il controllo della qualità, che va sotto il nome di Process Quality Model (PQM), formalizzato in sette moduli successivi:

1) Definire le attività in essere. Vi sono molti strumenti grafici per l’individuazione delle attività di una Supply Chain. Tra questi ricordiamo le carte di processo, le carte di flusso, i diagrammi di Gant, i diagrammi di relazione. Ad ogni attività viene attribuita una fase di processo, come il trasporto interno ed esterno, l’immagazzinamento, la pianificazione della produzione, la gestione delle scorte, il servizio clienti.

2) Identificare i clienti, le loro richieste, aspettative, soddisfazione. Questo step è utile a sostenere un continuo miglioramento della customer satisfaction. Per clienti si intendono sia quelli esterni, fruitori del prodotto finito, sia quelli interni alla SC e alle singole aziende. Un ufficio vendite può essere il cliente della funzione ricerca e sviluppo.

3) Definire la qualità. È necessario stabilire e raffinare la definizione di qualità nel sistema SC. Le definizioni della qualità proposte in letteratura sono numerose. Juran e Gyron (1980) coniano la frase “fitness for use by customer” ovvero adeguato all’uso del consumatore. Crosby(1980) fonda il suo approccio alla qualità su quattro proposizioni: “La qualità è la conformità alle aspettative”, “La qualità è fonte di prevenzione”, “Le prestazioni standardizzate non sono un difetto”, “La misura della qualità è il prezzo della non conformità allo standard”. Ogni definizione indica che la qualità è fissata dal consumatore. Quindi, le aziende dovrebbero stabilire il proprio livello di qualità in base alle aspettative del cliente, tenendo conto, inoltre, della definizione di qualità sviluppata dalle aziende concorrenti(benchmarking).

4) Identificare le misure di performance più idonee. Questo modulo prevede la definizione degli indici dei costi, della produttività e del servizio al cliente, e la quantificazione delle differenze tra questi indici e le aspettative del cliente. Gli indici di performance verranno ampiamente illustrati più avanti in questo testo. Una volta ultimata la definizione degli indici, vengono sviluppate le procedure per il loro rilevamento. Infine, i risultati di questi rilevamenti vengono raccolti e catalogati per ogni stadio del processo.

5) Valutare i dati raccolti e fissare gli standard di qualità. Prima di fissare gli standard è necessario assicurarsi che il processo sia sotto controllo, ovvero esente da eventi non prevedibili. Un esempio, in una Supply Chain, può essere rappresentato da un ritardo degli arrivi di materie prime dovuto al maltempo. I vantaggi di osservare un processo sotto controllo sono la capacità di prevederne la performance in base ai dati storici, e la semplificazione delle attività in essere.

6) Migliorare il processo. Bisogna individuare e dare priorità alle aree di sviluppo principali. Ciascuna di queste aree viene trattata con attenzione per approdare ad una riduzione dei tempi e dei costi. L’obiettivo del continuo sviluppo è quello di escludere dal processo tutte le cause di incertezze e di variazioni eccezionali. Una volta riconosciuta una causa, si elabora un progetto per eliminarla, e dopo averlo realizzato, si controlla che la soluzione abbia prodotto una riduzione degli

effetti di tale causa. Si testa il sistema per controllare che sia sotto controllo, e, in tal caso, gli standard prestazionali vengono aggiornati.

7) Controllare e monitorare il processo. L'ultimo passo del PQM è assicurarsi che il sistema garantisca gli standard fissati. Alcuni degli strumenti a disposizione per realizzare il monitoraggio delle attività sono stati citati al modulo 1.

Classificazione degli Indici di Performance

Gli indici di performance possono essere classificati secondo criteri differenti, dando luogo a diversi gruppi di appartenenza. Distinguiamo, tra i tanti, quattro criteri che hanno portato alla definizione dei seguenti sottogruppi :

- **Strategici, tattici, operativi.** Questa classificazione si basa sulla natura delle decisioni che il management è chiamato a prendere e, quindi, sugli effetti di queste decisioni. Le decisioni strategiche vengono assunte generalmente su un orizzonte temporale medio lungo. Si caratterizzano anche per la loro prerogativa interorganizzazionale. Le decisioni di tipo tattico si distinguono per la loro valenza a breve termine ed investono generalmente le funzioni interne delle imprese. Le decisioni operative, infine, sono quelle decisioni prese giorno per giorno all'interno dei reparti. La competenza di tali decisioni discende dai livelli più alti a quelli più bassi della gerarchia manageriale mano a mano che esse diventano meno generali e più dettagliate.
- **Finanziari-non finanziari.** Come già ricordato, gli indici di ordine finanziario sono stati i primi ad essere valutati, nella storia dell'evoluzione dei sistemi di misura della performance. In effetti, essi sono senza dubbio gli indici più importanti, dal momento che rendono conto dello stato di salute economico-finanziaria delle aziende, e della loro capacità di produrre reddito. Agli indici non finanziari appartengono tutti quelli che rendono conto della capacità di soddisfare il cliente in termini di qualità del prodotto e servizio reso, della capacità di adattarsi a nuovi scenari concorrenziali e a variazioni di domanda, alla velocità nell'introduzione di nuovi prodotti. Senza queste informazioni è impossibile sapere se al raggiungimento di obiettivi di bilancio si accompagna un'effettiva crescita della competitività della SC.
- **Relativi alle aree prestazionali:** andamento finanziario, prospettiva interna, servizio clienti, capacità innovativa. È la classificazione adottata da Kaplan e Norton nel loro modello "Balanced Scorecard", 1996. Altri autori si sono ispirati a questo approccio, apportando alcune modifiche, più formali che sostanziali. Ad esempio le voci "andamento finanziario" e "prospettiva interna" sono state aggregate nell'unica area "risorse". Lo studio rimane un valido punto di riferimento per l'intero campo di ricerca.
- **Relativi alle aree funzionali:** pianificazione, approvvigionamento, lavorazione-assemblaggio, consegna, servizio cliente. Questo tipo di classificazione può essere applicata all'intera SC, considerando le attività nel loro complesso

In questo studio sarà adottata la seguente classificazione degli indici prestazionali, raggruppati nelle seguenti aree:

- § ANDAMENTO ECONOMICO - FINANZIARIO
- § PROSPETTIVA INTERNA
- § SODDISFAZIONE-SERVIZIO CLIENTE

ANDAMENTO ECONOMICO - FINANZIARIO

Costo totale. è la somma di tutti i costi delle risorse utilizzate. Esso si compone di:

- Costo di distribuzione. Comprende il costo per il trasporto interno, trasporto esterno, movimentazione materiali
- Costo di fabbricazione. Comprende il costo di lavorazione, di manutenzione, di rilavorazioni.
- Costo delle scorte. Comprende il costo per il mantenimento delle scorte a magazzino materie prime, semilavorati, prodotti finiti, le perdite per obsolescenza.

- Costo di gestione dell'ordine. Comprende il costo di trasmissione, conferma, gestione, esecuzione ordine.
- Costo della qualità. costi di verifiche, controlli, restituzioni, garanzie, assistenza dopo la vendita.
- Altri costi. Dipendono dal tipo di attività in questione.
- Utile. Da un punto di vista di contabilità industriale, l'utile è la differenza tra il fatturato e la somma tra costi fissi e costi variabili. Da un punto di vista di contabilità generale, l'utile al netto delle imposte è l'ultima voce del conto economico, presentato dalle aziende a fine anno. Esso tiene conto anche dei crediti e degli oneri finanziari legati ad attività estranee al processo produttivo-distributivo (partecipazioni etc.).
- Roi. Return on investment. Misura la capacità aziendale di produrre reddito attraverso l'investimento. Si esprime come rapporto tra utile netto e capitale investito nella gestione tipica, voci presenti nella documentazione Conto Economico. Grazie al ROI è possibile confrontare la convenienza dell'investimento rispetto a titoli di stato, titoli bancari ed altre forme di deposito privi di rischio.
- Ros. Return on sales. Si esprime come rapporto tra reddito operativo e fatturato.
- Rotazione capitale investito. Segnala l'entità delle vendite rispetto ai mezzi finanziari impiegati. Si esprime come rapporto tra il fatturato e capitale investito. Il suo valore indica la porzione di capitale investito che ritorna in forma liquida, in un periodo fissato.
- Si ricorda che sussiste la relazione: $roi = ros * \text{rotazione capitale investito}$
- Ciò implica che esistono due possibili comportamenti delle imprese, a parità di ROI:
- Imprese che scelgono una politica di bassi margini sulle vendite e che, per ottenere una redditività soddisfacente, devono realizzare una elevata rotazione del capitale investito.
- Imprese che optano per una politica di elevati margini sulle vendite, accettando di realizzare una minor velocità di rotazione del capitale investito.

PROSPETTIVA INTERNA

- Saturazione risorse. È il rapporto tra il tempo speso per produzione non difettosa e il tempo effettivo disponibile. A sua volta il tempo effettivo disponibile si esprime sottraendo al tempo di apertura dell'impianto, il tempo di inattività per manutenzione, mancanza ordini, mancanza materiali da altre lavorazioni, per guasti, per avviamento impianto.
- Giacenza media scorte. È la media aritmetica tra la giacenza iniziale e quella finale di un periodo fissato. Può riferirsi alle materie prime, ai semilavorati, al prodotto finito. Al crescere della giacenza media crescono i costi di mantenimento e i rischi di obsolescenza delle scorte, costi che possono assumere una certa rilevanza. D'altro canto, una giacenza media elevata riduce le probabilità di finire sotto scorta e, quindi, accresce la capacità di fronteggiare improvvise impennate della domanda. Mantenere un alto livello di servizio e contenere i costi di gestione delle scorte è sempre stato uno degli obiettivi del SCM.
- Rotazione scorte. Indica la velocità di rinnovo, in termini percentuali, delle scorte in magazzino. È l'inverso del periodo di giacenza media e si calcola dividendo i consumi per la giacenza media, in un periodo fissato.
- Wip. Rappresenta tutto il materiale che ha subito almeno la prima operazione ma non è ancora pronto per la consegna. Il suo valore è dato dal costo materie prime più il costo delle operazioni effettuate. Un valore elevato del wip segnala un grosso immobilizzo di risorse finanziarie che rende l'azienda più esposta ad eventuali deficit di cassa.
- Throughput. Volume produttivo in termini di numero di lotti o di pezzi, in un intervallo di tempo fissato.
- Flowtime. Tempo di attraversamento del sistema produttivo. È il tempo intercorrente tra l'ingresso della materia prima e l'uscita del prodotto finito. A parità di throughput, al

crescere del flowtime cresce anche il WIP. A parità di WIP, al crescere del flowtime, il throughput diminuisce.

- Flessibilità di volume produttivo. È definita come il range di volume produttivo nel quale l'organizzazione è in grado di operare ottenendo profitti. Il limite inferiore di questo range è costituito dal volume in corrispondenza del break-even-point. Quello superiore dalla capacità produttiva massima. L'indice confronta tale intervallo con quello sotteso dalla curva di distribuzione della domanda. Ipotizziamo che la distribuzione della domanda sia rappresentata da una curva Gaussiana, dotata di una domanda media D e di una deviazione standard σ .
- Flessibilità di mix produttivo. È il numero di item differenti producibili in un determinato periodo di tempo. Può anche rappresentare il tempo occorrente a passare da un certo mix produttivo ad un altro.
- Flessibilità nelle consegne. La capacità di posporre le date di consegna programmate può essere un fattore importante. Questa capacità consente di allocare in produzione ordini prioritari o speciali, che non erano stati pianificati.
- Vale la pena di osservare che gli indici di flessibilità possono essere interpretati anche nella prospettiva della soddisfazione del cliente, o ancora della capacità innovativa. Se da un lato la flessibilità è una prerogativa dei fattori produttivi, e quindi deriva dalle caratteristiche operative dell'impianto e dalla sua gestione, è anche vero che il risultato della flessibilità di un'azienda è un migliore servizio e soddisfacimento dei desideri del cliente.

SODDISFAZIONE – SERVIZIO CLIENTE

- Order fulfillment cycle time. È il tempo che intercorre tra la ricezione dell'ordine del cliente da parte dell'azienda e la consegna al cliente del prodotto finito. Si compone di quattro voci:
- Order processing time. Rappresenta il tempo impiegato per ricevere, confermare, elaborare (scheduling) e lanciare l'ordine in produzione.
- Purchase time. Tempo di attesa che intercorre dalla richiesta di approvvigionamento all'arrivo delle materie prime.
- Work-In-Progress time. Tempo legato alle attività operative del processo di evasione dell'ordine, ovvero all'attuazione dell'ordine. Little (1961) ha stabilito una proporzionalità diretta tra tempo di attraversamento e WIP. Il WIP time è formato dalle seguenti aliquote:
- Run time, legato all'esecuzione delle attività operative.
- Setup time, necessario per l'attrezzaggio delle risorse.
- Queue time, speso in coda ad una fase di trasformazione
- Wait-to-move time, tempo di attesa per il completamento di un lotto.
- Syncro time, tempo di attesa per sincronizzazione delle fasi del processo produttivo.
- Nell'ottica della Supply Chain, tra queste voci è compreso anche il tempo di trasporto intermedio tra fornitorre e cliente.
- Delivery time. Tempo intercorrente tra l'ottenimento del prodotto finito pronto per la consegna, e la consegna al cliente.
- Medio lateness. È dato dalla sommatoria delle differenze tra data di consegna e due date, per ogni job presente nel sistema in un periodo fissato.
- Medio tardiness. È dato dalla somma dei ritardi nelle consegne. Non vengono considerati gli anticipi sulle consegne. In questo modo, non c'è compensazione tra anticipi e ritardi.
- Livello di servizio. Indica la percentuale di ordini pervenuti che sono stati portati a termine. È dato dal rapporto tra ordini evasi e ordini pervenuti.
- Numero di job in ritardo. Numero di consegne effettuate in ritardo, in un dato periodo.
- Numero di reclami. Segnala la rispondenza del prodotto allo standard di qualità atteso dal cliente.

Classificazione indici di performance

ANDAMENTO ECONOMICO-FINANZIARIO	PROSPETTIVA INTERNA	SERVIZIO AL CLIENTE
Costo di fabbricazione	Saturazione risorse	Order fulfillment time
Costo di distribuzione	Giacenza media scorte	Medio tardiness
Costo di mantenimento scorte	WIP	Medio lateness
Costo trattamento ordine	Throughput	Livello di servizio
Costo qualità	Flowtime	Numero di job in ritardo
ROE	Flessibilità di volume produttivo	Numero di reclami
ROI	Flessibilità di mix	
ROS	Flessibilità delle consegne	
Utile al netto delle imposte		

STRUTTURA DELLA SPERIMENTAZIONE

La struttura della SC è costituita da tre livelli di produzione.

Primo livello: Main Contractor. Il MC è l'azienda leader della catena, dal momento che riceve gli ordini dai clienti finali, li inoltra lungo la catena, compie l'ultima serie di lavorazioni sui semilavorati e provvede alla consegna del prodotto finito.

Secondo livello. Fornitore Intermedio. È l'unica azienda fornitrice del Main Contractor. Essa riceve gli ordini di lavoro dal MC e provvede ad approvvigionarsi di materie prime diramando ordini ai propri fornitori, appartenenti al terzo livello della SC. In più, l'azienda riceve ordini da propri clienti, che si trasformano in ordini lanciati in produzione. Questi ultimi contendono agli ordini della Supply Chain le medesime risorse produttive, aventi capacità finita, e possono determinare, a causa della loro interferenza, uno scadimento delle prestazioni globali della catena.

Terzo Livello. Due Sub-Fornitori. Sono l'ultimo anello della catena produttiva. Come nel secondo livello, i sub-fornitori ricevono ordini esterni alla SC mentre la fornitura delle materie prime è assicurata da arrivi caratterizzati da una distribuzione gaussiana della frequenza.

Vengono effettuati tre rilevamenti differenti della performance:

Performance di Supply Chain delle singole aziende. Viene misurata la performance di ciascuna azienda, relativamente ai soli ordini interni Supply Chain. L'unica eccezione riguarda la saturazione delle risorse che si riferisce alle attività complessive delle aziende.

Performance complessiva delle singole aziende. Gli indici prestazionali tengono conto di tutte le attività in essere in ciascuna azienda. Un caso particolare è il Main Contractor, per il quale alcuni indici, nei due tipi di rilevamento finora enunciati, coincidono. Il MC, infatti, non è interessato da ordini di lavoro extra SC.

Performance globale della Supply Chain. La SC viene considerata come un sistema unico in cui entrano ordini e materie prime ed escono i prodotti finiti pronti per il consumatore. In questo caso gli indici di performance (esclusa sempre la utilizzazione delle risorse) vengono calcolati considerando soltanto gli ordini appartenenti alla SC.

LEVE OPERATIVE: LO SCHEDULING

La schedulazione degli ordini di lavoro avviene sulla base di regole per l'assegnazione delle priorità. In questo ambito, si vuole tener conto di tre esigenze fondamentali che ispirano la gestione della produzione:

- Il migliore utilizzo possibile degli impianti . L'utilizzo razionale delle risorse disponibili, vuol dire certamente migliorare la produttività dell'impianto. Dare priorità ai lotti con breve tempo di processo è un modo per aumentare l'efficienza degli impianti.
- Il miglior livello medio di servizio al cliente, che si esplica nel minor numero di job in ritardo, e nel minor ritardo medio dei job. Dare priorità agli ordini più urgenti vuol dire muoversi in tale direzione.
- La convenienza economica. È chiaro che un'azienda è chiamata a valutare la convenienza economica delle tecniche produttive adottate. Il livello di servizio assicurato al cliente deve essere redditizio per l'azienda, eccezion fatta per brevi periodi nei quali gli obiettivi strategici possono prevaricare quelli economici. In questa ottica, può rivelarsi opportuno dare priorità ai lotti dotati di grande valore, il cui ritardo di consegna comporterebbe pesanti perdite economiche.

Alla luce di ciò vengono applicati tre criteri di schedulazione differenti che assegnano ai job in coda alle macchine le priorità in base a:

SPT. Shortest Processing Time. Viene data priorità al job dotato di un minor tempo di processo complessivo. Tende a minimizzare il flow time(nel nostro caso coincidente con l'OFT). La priorità viene calcolata nel modo seguente:

Priorità = $1 / (\text{numero pezzi del lotto} \times \text{numero componenti pezzo})$

Questa semplificazione è possibile dal momento che i tempi di processo sulle macchine hanno lo stesso ordine di grandezza. Di conseguenza, l'identificazione del tempo di processo con il numero totale di componenti del lotto è una approssimazione accettabile.

SST. Shortest Slack Time. Viene data priorità al job dotato di minor slack time. È una versione più raffinata dell'EDD(Erliest Due Date). Tende a minimizzare la percentuale ritardi. La priorità viene calcolata nel seguente modo:

Priorità = $1 / (\text{Tempo disponibile/pezzo} - \text{lead time critico/pezzo})$

Il tempo disponibile è inteso come differenza tra Due Date e data in cui la materia prima è disponibile per le lavorazioni.

MAXVAL. Il job a cui è assegnata la penale più elevata ha la precedenza in coda. Il valore del lotto da produrre viene calcolato come somma del valore unitario della materia prima e del valore unitario aggiunto, moltiplicata per il numero dei pezzi che compongono il lotto. La priorità viene calcolata nel seguente modo:

Priorità = $\text{Valore lotto} \times \text{penale}(\%)$

TRE FORME DI COORDINAMENTO A CONFRONTO

Il tipo di coordinamento da adottare è una questione di cruciale importanza nella gestione di una Supply Chain. La tendenza del management è di interpretare la catena come un unico sistema integrato, gestito in maniera centralizzata, nel quale i partner sono coinvolti in uno sforzo teso a migliorare le prestazioni globali. Questa visione euristica del problema potrebbe entrare in conflitto con gli obiettivi che le singole imprese impongono alla loro attività. Infatti, se è vero che l'acquisizione di nuove fette di mercato, la fidelizzazione della clientela, l'affermazione della marca come garanzia di qualità, etc. sono tutti obiettivi che il Supply Chain Management si propone di conseguire, non si può trascurare il fatto che questi stessi obiettivi rappresentano soltanto dei traguardi intermedi lungo il percorso che porta al profitto dell'impresa. La gestione centralizzata porta al miglioramento delle prestazioni complessive di un sistema ma può richiedere il sacrificio(non solo in termini di costi) di una o più parti di esso. Da ciò nasce la necessità di centrare sia gli obiettivi globali della supply chain che gli obiettivi individuali delle imprese, o, almeno, di

trovare un accettabile punto d'incontro tra queste istanze. Un'interessante alternativa al controllo centralizzato della SC è la gestione decentralizzata, consistente nell'affidare a ciascuna azienda il compito di ottimizzare le proprie attività con il vincolo di privilegiare il flusso della SC.

Rispetto a questi due metodi gestionali il controllo autonomo delle imprese è il termine di paragone più naturale, trovandosi esso agli antipodi con l'integrazione strategico-operativa proposta dal Supply Chain Management.

Pertanto, vengono applicati i seguenti tre tipi di coordinamento:

- **Coordinamento Centralizzato.** Le priorità degli ordini di lavoro vengono assegnate in base ai valori globali dei fattori delle priorità. Gli ordini relativi alla SC hanno la precedenza assoluta su quelli extra-SC.
- **Coordinamento Decentralizzato.** L'assegnazione delle priorità viene effettuata da ciascuna azienda considerando i valori locali dei fattori delle priorità. Viene ancora data precedenza assoluta agli ordini SC rispetto a quelli extra-SC.
- **Gestione Autonoma (assenza di coordinamento).** L'assegnazione delle priorità viene effettuata considerando i valori locali dei fattori delle priorità ma questa volta gli ordini SC e gli ordini extra-SC si contendono le risorse produttive alla pari.

GLI SCENARI

Vengono proposte per l'esame dieci configurazioni differenti, la prima è la configurazione più semplice in cui non sono applicate schedulazioni particolari e non sono presenti forme di coordinamento. Le altre nove sono frutto delle combinazioni tipo di schedulazione – forma di coordinamento.

- 1) Schedulazione FIFO, Gestione Autonoma.
- 2) Schedulazione SPT, Gestione Centralizzata.
- 3) Schedulazione SPT, Gestione Decentralizzata.
- 4) Schedulazione SPT, Gestione Autonoma.
- 5) Schedulazione SST, Gestione Centralizzata.
- 6) Schedulazione SST, Gestione Decentralizzata.
- 7) Schedulazione SST, Gestione Autonoma.
- 8) Schedulazione MAXVAL, Gestione Centralizzata.
- 9) Schedulazione MAXVAL, Gestione Decentralizzata.
- 10) Schedulazione MAXVAL, Gestione Autonoma.

METODOLOGIA PER OTTIMIZZARE SULLA BASE DEGLI INDICI COSTI E TEMPI FRA MAIN, SUBCONTRACTORS & OUTSOURCES

DIMEC, Università di Salerno

La metodologia per il miglioramento delle performance prevede lo sviluppo di un'architettura per la simulazione di aziende manifatturiere integrante funzionalità per una gestione “non miope” dell'evoluzione futura della simulazione. Tale caratteristica consente la gestione e il controllo della produzione con riferimento alle date effettive di consegna e, quindi, un'ottimizzazione della produzione basata non solo sulla situazione contingente ma anche e soprattutto sull'evoluzione dello scenario futuro. Lo scopo è di realizzare un modello di simulazione che inglobi al suo interno funzionalità di tipo MRP, per consentire una riproduzione più fedele delle realtà operanti con prodotti complessi, nonché funzionalità di previsione, per ottenere “real time” risposte attendibili sui tempi di consegna. Il modello deve, ad esempio, essere in grado di comunicare in tempo reale la data di consegna di una commessa non programmata che giunge all'interno dell'azienda da parte di un cliente a causa di un'urgenza verificatasi ai livelli alti della catena di sub-fornitura. Tale data terrà conto della reale disponibilità delle risorse e delle lavorazioni necessarie per il completamento della commessa. In assenza di uno strumento del genere, il simulatore sarebbe in grado soltanto di comunicare la data di consegna al termine della simulazione, mentre, ad ogni variazione del piano di produzione da parte del Main Contractor, sarebbe necessario interrompere la simulazione

corrente, modificare lo scenario, far ripartire la simulazione in modalità “stand alone” ed infine riprendere la simulazione in rete a partire dal punto di interruzione, con la proiezione aggiornata delle date promesse ai clienti. Lo strumento permette invece di simulare la reale evoluzione dell’ambiente produttivo e quindi di valutare concretamente i risultati ottenibili mediante modifiche delle politiche gestionali. Perché ciò possa avvenire è necessario ricorrere ad un sistema in grado di trasferire automaticamente le modifiche all’interno del modello, sia in fase di "configurazione iniziale" sia in fase di "run" della simulazione.

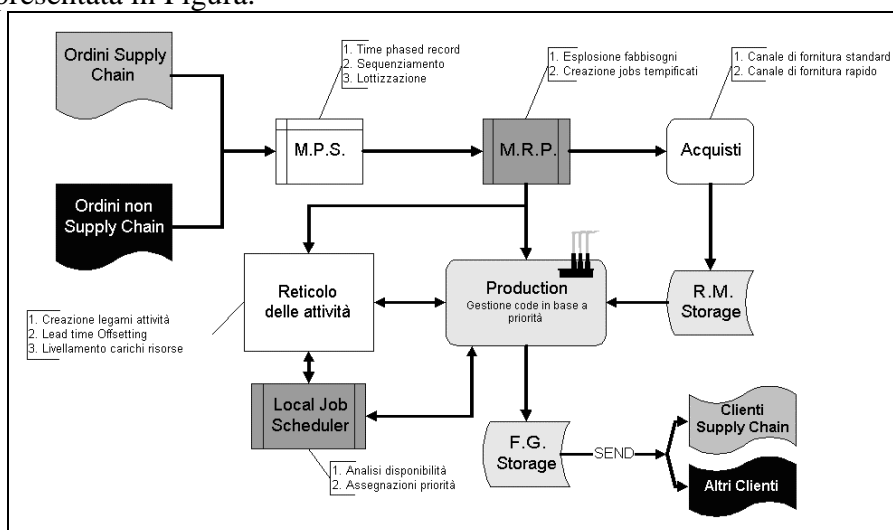
Il modello sviluppato

Il modello integra diversi ambienti ed è in grado di adattarsi a molteplici casi aziendali mediante modifiche minime relative alle macchine presenti all'interno dei reparti, estraendo automaticamente dal gestionale utilizzato tutte le altre informazioni riguardanti il prodotto, i cicli ed i tempi di lavorazione.

Gli ordini dei clienti, che attivano il processo produttivo, possono essere prelevati sia in modo statico, cioè ad inizio simulazione (nel caso in cui si voglia, ad esempio, verificare la fattibilità di un piano di produzione), sia in modalità dinamica. In questo caso gli ordini vengono trasferiti nel sistema direttamente da un altro simulatore collegato in rete e rappresentante l' "azienda cliente". Il collegamento in rete con altri simulatori è possibile anche verso eventuali "aziende fornitori"; in tal modo il sistema risulta essere abilitato per la simulazione integrata di una catena di subfornitura e quindi verificare i diversi piani aziendali con riferimento ad uno scenario i cui effetti travalicano la singola azienda.

I prodotti finiti richiesti dai clienti vengono successivamente esplosi in sottoassiemi e componenti ed inviati ai reparti di produzione, siano essi interni o esterni, e/o alla funzione Acquisti, mediante l'invio degli ordini ai subfornitori.

Contestualmente a questa fase avviene la costruzione automatica del diagramma delle attività, realizzata secondo il criterio del “backward scheduling” a capacità infinita; ciò avviene sfruttando le informazioni relative alle distinte base e alle disponibilità di magazzino. Successivamente la commessa viene schedulata a capacità finita (attraverso istruzioni provenienti dall'ambiente di simulazione) e quindi ad essa sarà assegnata la priorità in funzione della regola specifica implementata (EDD, Critical Ratio, etc.). L' algoritmo di assegnazione delle priorità opererà in modo da consentire una rischedulazione mirata al rispetto degli obiettivi prefissati. Sulla base delle priorità assegnate alle attività viene quindi effettuato il livellamento dei carichi sulle risorse con la redistribuzione delle attività nei singoli reparti produttivi. La logica di funzionamento appena descritta è rappresentata in Figura.



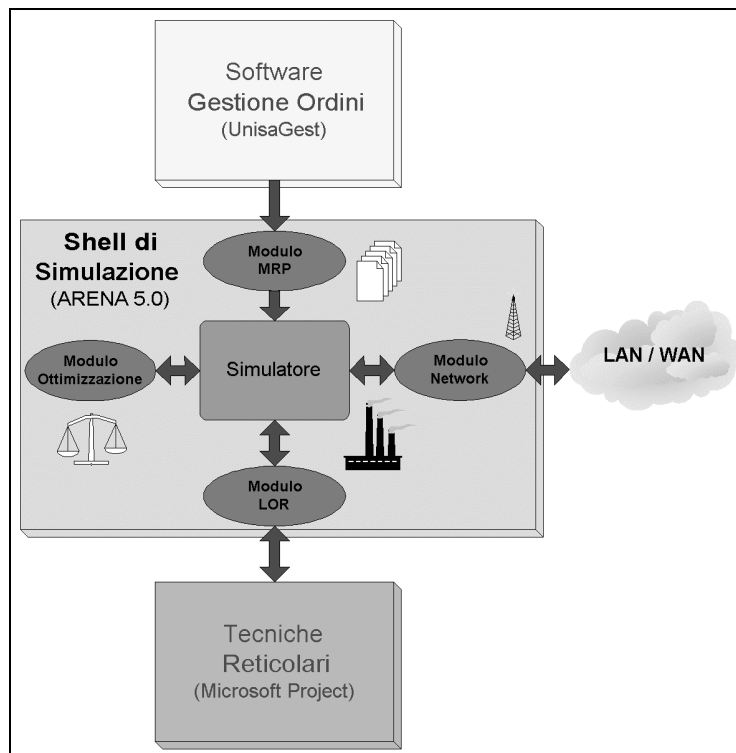
Logica del modello proposto

Il funzionamento combinato del simulatore e delle tecniche reticolari, continuamente aggiornato utilizzando le informazioni sui legami che vincolano tutti i jobs della commessa, permette di determinare le durate effettive delle lavorazioni e quindi di prevedere in modo preciso i tempi di consegna.

Architettura del modello proposto

Il modello proposto è costituito da una serie di strumenti software interagenti tra loro ed in particolare:

1. Shell di Simulazione (ARENA 5.0)
2. Software di gestione ordini (UnisaGest)
3. Tecniche reticolari (Microsoft Project ®)
4. Moduli personalizzati di controllo



Schema dell'architettura

Shell di simulazione

L'ambiente di simulazione riproduce la parte fisica dell'azienda (disposizione dei reparti, macchine, operai, mezzi di trasporto, etc.) e la logica di funzionamento del sistema generale, gestendo l'esplosione dell'MRP, la costruzione e l'aggiornamento del reticolo, la schedulazione delle risorse, etc.

La shell di simulazione utilizzata è ARENA 5.0. Il lavoro in oggetto riprende il modello realizzato nel corso del progetto WILD I, rappresentante un'azienda manifatturiera operante su commessa; opportunamente modificato esso consentirà la sperimentazione di logiche intelligenti di schedulazione all'interno della Supply-Chain.

Software di gestione ordini (UNISAGEST)

UnisaGest è un programma basato su un database relazionale Microsoft ACCESS dotato di funzionalità quali:

- Anagrafica Articoli;
- Immissione BOM;
- Gestione ordini clienti;

- Gestione bolle di lavoro;
- Gestione Magazzino;
- Esplosione MRP.

Tale sistema, sviluppato presso il Dipartimento di Ingegneria Meccanica di Salerno, offre il supporto completo per la base dati necessaria alla simulazione. Il modello, infatti, consente il prelievo dall'archivio ACCESS delle informazioni riguardanti i prodotti, semilavorati e materie prime, delle quantità di materiale a magazzino e degli ordini già lanciati in produzione. In tal modo è possibile simulare, in qualunque momento, l'evoluzione futura a livello di "shop floor" partendo da dati aggiornati e reali.

Il software gestionale è stato concepito in modo da consentire la separazione della gestione del "magazzino fisico" reale (utilizzato dal software per la gestione corrente della produzione) dalla gestione del "magazzino virtuale", che viene generato durante la simulazione. In tal modo tutte le variazioni che intervengono sulle disponibilità di materiale durante l'evoluzione del modello non modificano le disponibilità consentendo contemporaneamente il tradizionale utilizzo del sistema.

L'utilizzo di questa architettura, tra l'altro, ci ha consentito di sperimentare algoritmi per lo scambio dati tra simulatore e gestionale che potranno in futuro essere applicati a sistemi commerciali.

Tecniche reticolari

Il software utilizzato per l'integrazione (Microsoft Project) fornisce funzionalità per la gestione dei progetti mediante la creazione delle attività e delle relative risorse. Nel caso in esame esso è stato impiegato per la gestione delle commesse; per ognuna di esse il sistema crea le fasi necessarie alla sua realizzazione, le relazioni tra le singole fasi ed assegna i carichi di lavoro ai reparti interessati. I carichi di lavoro così determinati possono essere livellati in automatico dal software in funzione delle priorità assegnate.

Il programma, essendo in grado di gestire anche i costi relativi ai singoli reparti, siano essi interni o esterni, risulta capace di fornire, in funzione delle richieste provenienti dalla simulazione, una proiezione sui tempi e sui costi che la particolare schedulazione offrirà. Tale aspetto, non di secondaria importanza, rende possibile sviluppare, così come è nelle nostre intenzioni, un metodo di contrattazione automatica delle forniture all'interno dell'architettura di simulazione, che permetta inoltre una stima dei costi in anticipo rispetto al loro verificarsi e quindi di controllare in tempo reale lo sviluppo dello scenario.

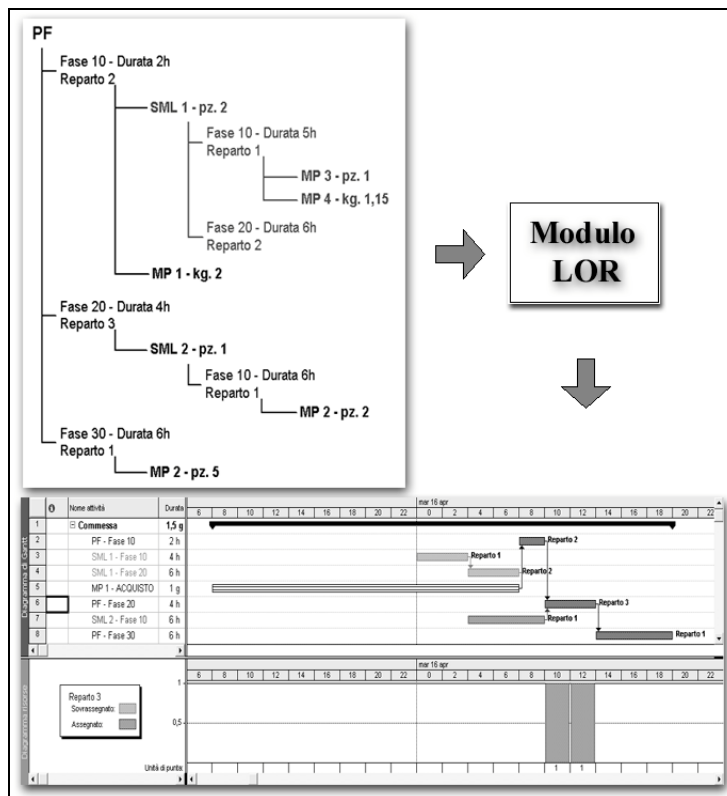
Moduli personalizzati di controllo

I moduli opportunamente sviluppati per lo scambio dati ed il controllo degli ambienti esterni al modello di simulazione, possono essere raggruppati in 4 gruppi omogenei. Essi, qui di seguito descritti, sono stati sviluppati in Visual Basic e costituiscono parte del modello di simulazione. Nel dettaglio sono:

Modulo MRP. Esso è utilizzato per il calcolo dei fabbisogni in termini di sottoassiemi e componenti da produrre oppure acquistare per la realizzazione dei prodotti finiti richiesti dai clienti. Questo modulo realizza, quindi, la funzione della cosiddetta "bill of material explosion" nella quale la distinta base di prodotto viene utilizzata per convertire la domanda di prodotti in domanda di sottassiemi e materiali. I componenti da produrre, infine, determinano le quantità di materie prime da acquistare. Tale operazione viene svolta tenendo conto del magazzino attuale del sistema gestionale (magazzino fisico) e del magazzino virtuale (prodotto durante l'esecuzione della simulazione); infatti, l'esplosione procederà soltanto per i componenti non presenti a magazzino, per tutti gli altri il modulo produrrà soltanto l'impegno. Tale modulo genera all'interno del modello le entità (job) che saranno poi instradate secondo le sequenze di lavorazione opportunamente assegnate. Ogni singolo lotto, al termine del proprio ciclo di lavorazione, viene versato a magazzino e, essendo già impegnato per la commessa specifica, resterà in attesa di essere prelevato durante la

fase di assemblaggio del prodotto di livello immediatamente superiore. Lo stesso procedimento è adoperato per i materiali acquistati: essi, una volta giunti presso le isole di carico/scarico, dopo una fase di verifica qualità saranno caricati a magazzino pronti per essere utilizzati. Il funzionamento dell'algoritmo è tale da consentire l'immissione di nuovi prodotti all'interno della simulazione semplicemente definendoli all'interno del software gestionale. Infatti le informazioni che ne consentono il funzionamento vengono prelevate esclusivamente da database centrale del software UnisaGest mediante "query standard" e, quindi, la definizione del prodotto in termini di anagrafica, di BOM e cicli di lavorazione consente di definire completamente un nuovo item ed al tempo stesso di utilizzarlo per l'evoluzione del modello di simulazione. Tale funzione è stata implementata al fine di poter, in breve tempo, riconfigurare il sistema per prove con prodotti diversi e poterlo adattare ad aziende diverse con minime modifiche.

Modulo LOR. L'algoritmo Lead-time Offsetting Representation (LOR) è stato implementato per la costruzione iniziale della commessa all'interno del software per la gestione delle commesse, il controllo delle operazioni di livellamento, il prelievo delle date di "start" e di "finish" delle singole operazioni e per la gestione dell'avanzamento della produzione. Tale modulo consente di costruire tutte le fasi necessarie alla realizzazione del prodotto, siano esse fasi di lavorazione interne all'azienda oppure fasi di acquisto di materie prime. Tali "tasks", raggruppati per commessa, sono strutturati nel rispetto dei vincoli di precedenza dettati dalla struttura della distinta base. Essi, in fase iniziale, vengono inseriti all'interno dell'ambiente software secondo il criterio del "backward scheduling" a capacità infinita e successivamente livellati nel rispetto dei vincoli di capacità dello "shop floor" e delle regole di schedulazione adottate nello specifico scenario. In tal modo ciascuna attività avrà definito univocamente le date di inizio e fine lavorazione che saranno utilizzate dal simulatore per effettuare la produzione. Successivamente il simulatore provvede ad aggiornare il reticolo in funzione dei tempi realizzati nel corso della simulazione e rischedula le attività aggiornando le date e distribuendo nuovamente le risorse in funzione delle mutate priorità. La Figura sottostante mostra un esempio di generazione automatica del reticolo delle attività a partire da una semplice distinta base, attraverso il modulo LOR.



Esempio di generazione automatica del reticolo

Modulo Network. Il collegamento in rete con gli altri simulatori è garantito da un set di porte socket e da opportune routine che consentono, oltre al trasferimento delle informazioni relative agli ordini, anche la sincronizzazione del tempo tra tutti i simulatori costituenti la Supply-Chain.

Tale modulo, già sviluppato nei suoi elementi essenziali all'interno del progetto di ricerca WILD, è stato successivamente modificato al fine di consentire l'interfacciamento, oltre che con l'interfaccia "HLA compliant", anche con l'architettura SYNCRO sviluppata appositamente per la sincronizzazione di simulatori in rete.

Modulo di Ottimizzazione. Questo ultimo modulo interagendo in modo diretto con i diagrammi delle attività, implementa un semplice algoritmo di ottimizzazione (EDD + SPT) che consente la schedulazione della attività sulle macchine disponibili all'interno dei reparti.

L'ottimizzatore agisce indicando le priorità per il livellamento delle risorse all'interno del reticolo delle attività.

Tale reticolo assegna, per ogni attività, la data di inizio e fine lavorazione presunte in funzione dello stato attuale dei reparti. Le date diventano effettive man mano che la simulazione avanza.

Il flusso delle informazioni

Le informazioni che rendono possibile il funzionamento del modello sono per la maggior parte contenute all'interno del database del software gestionale.

Esso fornisce tutte le informazioni riguardanti:

- Codici delle materie prime, semilavorati e prodotti finiti;
- Distinte basi;
- Cicli di lavorazione e tempi standard di completamento delle fasi;
- Fornitori e lead time di approvvigionamento;
- Giacenza iniziale del magazzino.

Il modello di simulazione, attraverso i moduli MRP e LOR, preleva tali informazioni e le trasferisce alle entità che evolvono nella simulazione.

In tal modo ciascuna entità presente all'interno del simulatore avrà tra i suoi attributi le informazioni necessarie per il corretto svolgimento di tutte le fasi previste dal ciclo di lavorazione e dalla logica di funzionamento del modello.

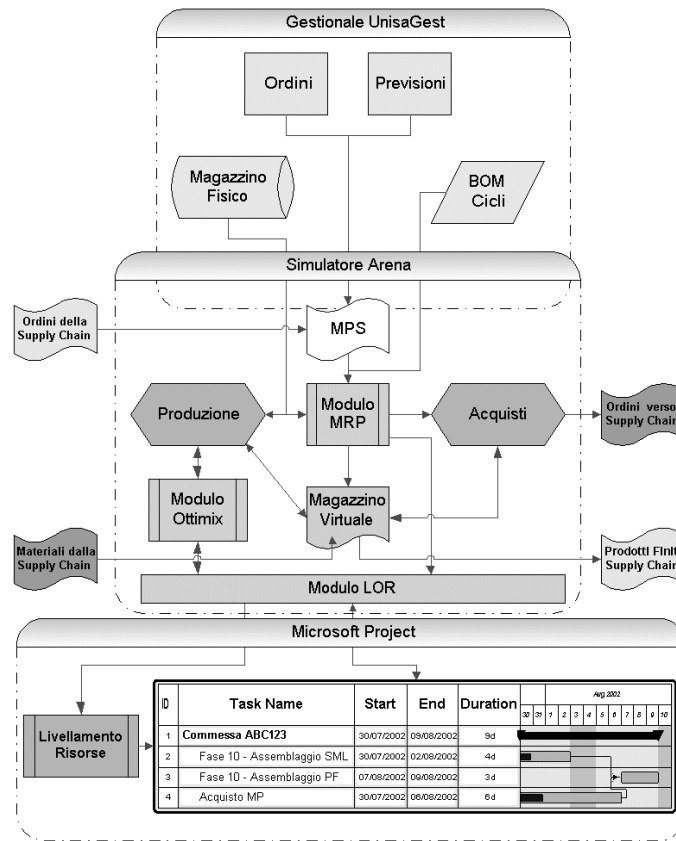
Gli ordini che dovranno essere elaborati all'interno del modello possono essere introdotti, come già detto, in modo statico, ovvero mediante il tradizionale caricamento all'interno del software gestionale (sotto forma di ordini veri e propri o di previsioni), oppure in modalità dinamica, giungendo direttamente dalle altre aziende cliente collegate in rete.

I prodotti finiti richiesti vengono esplosi, in termini di sottoassiemi e componenti, attraverso il modulo MRP, verificando contestualmente la disponibilità di materiali a magazzino ed eventualmente impegnando gli stessi per la specifica commessa.

Tale modulo crea tutti i job necessari per la produzione e tutte le richieste di acquisto che saranno spedite alle aziende fornitrici.

Parallelamente, l'ordine viene "descritto" all'interno del software di project management in modalità strutturata, cioè esso riporta tutte le fasi di lavorazione e di acquisto necessarie ad ogni livello della distinta base.

Il diagramma delle attività viene costruito automaticamente secondo il criterio del "backward scheduling", partendo dalla data di consegna.



Schema funzionale del modello

A ciascuna fase risultano assegnate le risorse necessarie per il completamento. Successivamente, il modulo di ottimizzazione, in funzione dello specifico algoritmo implementato ed in ragione della situazione contingente a livello di “shop floor”, assegna a ciascuna attività una priorità di processamento che sarà utilizzata dal Project per il “livellamento”, al fine di ottenere un ordine coerente dei job con gli obiettivi fissati all’interno dei reparti.

A tale punto del processo il sistema è già in grado di comunicare una data di completamento della commessa con un’incertezza molto ridotta rispetto a quella ottenibile utilizzando semplicemente i lead time.

A valle della fase di ottimizzazione, eseguibile periodicamente, ciascun job ha assegnate le date di “start” e “finish” presunte e quindi il simulatore può rilasciare in lavorazione gli ordini di lavoro le cui date di inizio lavorazione sono più prossime alla data corrente.

I prodotti corrispondenti a tali ordini di lavorazione seguono i rispettivi cicli e, al termine di ogni fase, il sistema provvede ad aggiornare automaticamente il diagramma delle attività con le durate effettivamente ottenute.

Ad intervalli prefissati il modulo di ottimizzazione provvede a rischedulare le attività al fine di migliorare la distribuzione delle risorse in rapporto al carico di lavoro necessario per tutte le attività al di fuori del periodo di tempo “congelato” (periodo all’interno del quale è già avvenuto il rilascio dei job). Ciascun componente, terminata la lavorazione, viene versato a magazzino (“magazzino virtuale”) e successivamente prelevato dai componenti di livello superiore di distinta base. Il completamento della commessa è caratterizzato dal versamento del prodotto finito a magazzino ed dal suo invio al cliente finale.

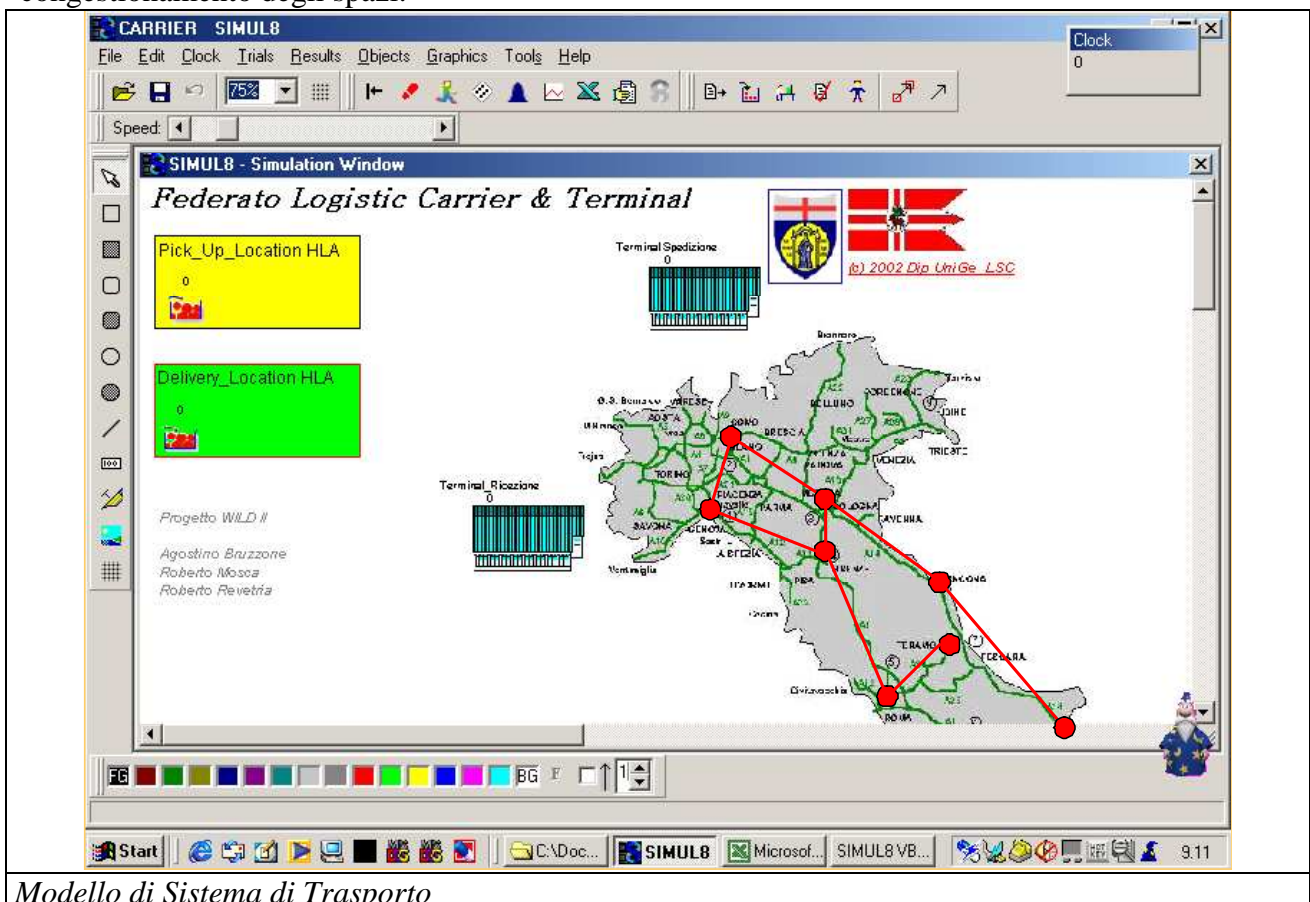
STRUMENTI INNOVATIVI PER LA GESTIONE LOGISTICA

Vengono proposti modelli specifici dedicati a completare la rappresentazione della supply chain tramite la simulazione di tutti i soggetti che vi partecipano (i.e. terminal operator, shipping company, trasportatori).

MODELLI DI SISTEMI DI TRASPORTO

DIP, Università di Genova

L'integrazione all'interno della federazione WILD_II di modelli di trasporto e modelli di vettori logistici richiede la specifica della modellazione di uno o più sistemi di trasporto. Al fine di poter anche modellare la gestione del trasporto fisico in regime di intermodalità il DIP ha sviluppato un modello di simulazione di un vettore logistico modulare in grado di poter costituire una rete di vettori e includere quindi una complessa gestione del trasporto. Il modello base è basato su una metodologia di simulazione ad eventi discreti la cui implementazione è stata fatta ricorrendo ad un algoritmo ibrido. Dal punto di vista concettuale un processo di trasporto attua un servizio che rialloca un'entità in un punto spaziale differente con un ritardo ed un assorbimento di risorse funzione dell'organizzazione logistica del carrier stesso. Il punto fondamentale per capire e correttamente modellare il processo risiede nella descrizione analitica dei processi di trasporto e nella loro corretta valutazione temporale. Possiamo quindi procedere alla modellazione nel network di trasporto ricorrendo ad una schematizzazione a grafo in cui i nodi rappresentano altrettanti centri logistici e gli archi i percorsi che li interconnettono. Fissata una velocità commerciale di percorrenza sugli archi è ragionevole concentrare le cause di variabilità stocastica dei tempi necessari solo nelle operazioni svolte ai nodi, ritenendo che i ritardi dovuti al traffico stradale linehaul siano trascurabili rispetto a quello subito al terminal per mancanza di risorse o per congestionamento degli spazi.



Modello di Sistema di Trasporto

Il modello proposto quindi calcola con un algoritmo il tempo di percorrenza tra due nodi lungo un arco ed attribuisce tale intervallo di tempo al processo di trasporto corrispondente. In altre parole l'entità veicolo procede in una catena dove ad ogni coppia di nodi corrisponde un'unità di processo che impiega il tempo di viaggio corrispondente tra i due nodi. Tale architettura consente di poter realizzare una scalabilità pressoché completa del sistema ed adattarsi alle esigenze di ogni modellazione. Il modello implementato ha integrato i nodi autostradali della rete italiana ed ha permesso di modellare il trasporto su gomma ricorrendo ad uno strumento di simulazione general pur pose come Simul8™. In particolare sono state condotte anche integrazioni in Arena™ di federati analoghi che hanno visto anche l'implementazione di algoritmi di gestione della flotta e di ottimizzazione del routing.

Entità, Risorse ed Attività

•Entità

- Rimorchi vuoti ai terminali
- Rimorchi carichi
 - in attesa di aggancio
 - pronti per essere spediti (relay, sleeper, meet-and-turn)
- Autisti (Sleeper, Relay e Meet-and-turn)
- Motrici
- Treni (solo in caso di modello intermodale)

•Risorse

- Agganciatori
- Dispatcher
- Addetti al rifornimento
- Manutentori

•Attività senza intermodale

- Scarico di un rimorchio in arrivo
- Carico di un rimorchio in partenza
- Sgancio dei rimorchi
- Preparazione equipaggiamenti
 - Get risorsa agganciatore
 - Get risorsa rifornitore
- Guida della motrice fino a destino (sleeper)
- Guida motrice fino a destino (relay e meet-and-turn)

•Attività con intermodale

- Muovere i rimorchi fino al raccordo
- Trasporto via ferrovia dei rimorchi
- Riassemblaggio dei rimorchi a destino

Entità, Risorse ed Attività nel Modello di Sistema di Trasporto: Caso Trasposto su Gomma

Simulatore Federato Trasporto su Gomma - Carrier

Nello sviluppo del modello Carrier sono state considerate le entità e risorse sopra riportate, in particolare i processi di gestione degli autisti e delle risorse relative (veicoli, risorse manutenzione, ecc.) sono stati integrati nel modello in Simul8™ come variabili macro ed implementati nel modello di dettaglio sviluppato in Arena™. Per la gestione del routing e quella dei veicoli si è utilizzato una versione modificata del CVRP (Capacitated Routing Vehicle Problem) attraverso la definizione delle Matrici delle Distanze e Matrici dei Risparmi, in tal maniera si è potuto testare anche la gestione dei veicoli ed il dimensionamento della flotta corrispondente. Per poter modellare opportunamente anche il processo intermodale sono state condotte delle prove con differenti modelli di sistemi di trasporto in grado di scambiare tra loro i colli utilizzando l'infrastruttura HLA. L'esercizio risultante ha dimostrato come sia possibile, utilizzando simulatori non dedicati, poter simulare complesse reti logistiche modellandone anche l'aspetto del trasporto fisico. Le variabili monitorabili in un modello di simulazione di sistema di trasporto sono riassunte nell'immagine che segue.

Risultati della Modellazione

Federato Carrier

- Coefficiente di utilizzazione dei rimorchi per terminal
- Tempo di allestimento dei rimorchi per terminal
- Coefficiente di utilizzazione degli autisti per ogni terminal
- Coefficiente di utilizzazione delle motrici per ogni terminal
- Numero dei rimorchi trasportati per autista per giorno
- Numero di rimorchi in circolazione per definito periodo di tempo
- Numero dei rimorchi ritardati per indisponibilità motrici
- Ritardo medio dei rimorchi per indisponibilità motrici
- Numero di motrici ritardate per indisponibilità di rimorchi
- Ritardo medio delle motrici per indisponibilità rimorchi
- Numero di autisti in ritardo per scheduling inadeguato
- Ritardo medio patito da un autista per scheduling inadeguato
- Coefficiente di utilizzo degli agganciatori

Variabili di Output di un Modello di Sistema di Trasporto

INTEGRAZIONE MODELLI TRASPORTO CON GIS

DE, Università de L'Aquila

Nell'ambito dell'attività di sviluppo degli strumenti per la simulazione distribuita di supply chain è stato anche affrontato il problema della gestione delle informazioni di tipo geografico tipiche dei problemi di trasporto, quali ad esempio l'ubicazione di siti produttivi, depositi e clienti, nonché la definizione dei percorsi seguiti dai mezzi di trasporto.

Si è deciso di effettuare il trattamento dei dati di natura territoriale mediante il ricorso a strumenti software dedicati di tipo GIS (Geographic Information Systems) previa loro integrazione con i simulatori del sistema di trasporto. Gli strumenti GIS permettono infatti la generazione di mappe geografiche informatizzate e l'associazione ad esse di opportuni database consentendo un agevole immagazzinamento, trattamento, analisi e visualizzazione di informazioni geograficamente referenziate integrando le funzionalità di interrogazione interattiva e reporting caratteristiche dei database tradizionali con le funzionalità di visualizzazione tipiche dei sistemi di disegno computerizzato. Nella specifica applicazione il sistema GIS è stato utilizzato per il calcolo automatico delle distanze e dei tempi medi di percorrenza lungo la rete stradale tra due punti di origine e destinazione, come pure per la selezione dei percorsi che collegano un insieme prestabilito di destinazioni. Mediante l'utilizzo di tecniche di programmazione matematica è anche possibile risolvere specifici problemi di routing di percorso minimo.

L'applicazione GIS è stata sviluppata in ambiente ArcView ESRI ed implementata mediante il linguaggio proprietario Avenue. Questo è un linguaggio di programmazione "Object-oriented" che consente di sviluppare specifiche applicazioni, personalizzazioni ed integrazioni rispetto alle

funzionalità base offerte dal software. Disponendo inoltre di un Visual Editor consente la creazione di interfacce grafiche personalizzate sia per la visualizzazione che per l'inserimento dati e l'interazione con l'utente.

In tale ambito le attività svolte sono sintetizzabili in tre fasi.

1. *Creazione degli strumenti cartografici e dei database dedicati.*

Per ottenere una corretta rappresentazione dell'ubicazione geografica dei possibili federati e della rete viaria, con riferimento al territorio italiano, si è inizialmente utilizzato il software AutoCad 2000, al fine di vettorializzare le immagini preliminarmente scannerizzate del territorio in modo che tali informazioni potessero essere correttamente interpretate da ArcView. In seguito, si è creata una specifica *View*, all'interno della quale si sono inseriti i dati necessari alla rappresentazione. Tutti i dati contenuti in *layer* differenti all'interno dell'Autocad, sono stati trasformati in file .shp, caratterizzati dall'avere tutte le informazioni organizzate in tabelle dal facile accesso e utilizzo. Successivamente sono state create e personalizzate le tabelle contenenti i dati relativi alle singole features geografiche considerate (federati, rete viaria ecc.) completando la fase di input e caratterizzazione di tutte le informazioni di natura geografica nel sistema GIS.

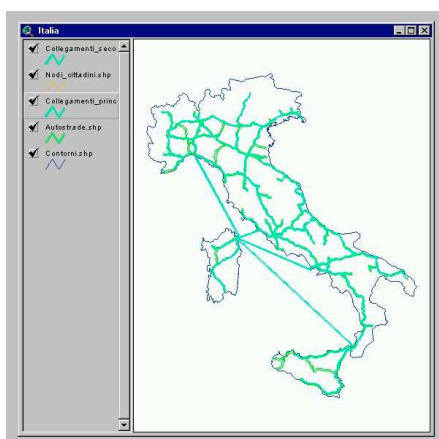
2. *Sviluppo di codici di calcolo per il calcolo dei percorsi.*

Mediante il linguaggio Avenue si sono generati gli script per determinare i percorsi tra due generiche località appartenenti alla rete viaria memorizzata. Ciò è stato fatto classificando preliminarmente i nodi in principali e secondari, associando i nodi secondari ai relativi nodi principali e sviluppando algoritmi per la definizione dei percorsi di minima distanza tra i nodi principali.

3. *Messa a punto delle modalità di interscambio dati con i simulatori.*

Sebbene il sistema GIS possa esso stesso partecipare alla simulazione distribuita quale federato, è stato previsto che esso venga solo interrogato dal simulatore del trasportatore al fine di individuare i percorsi e calcolare le relative distanze. A tale scopo sono state messe a punto le necessarie interfacce per lo scambio dati che, utilizzando il software di simulazione Arena, prevedono l'utilizzo di blocchi ReadWrite e la scrittura dei dati su file temporanei. Nell'ambito della simulazione distribuita il software GIS può comunque anche agire come ambiente di visualizzazione per l'evolvere della fase di distribuzione fisica.

Al fine di ottimizzare le prestazioni del sistema è stato inoltre acquisito ed integrato con il software sviluppato il modulo ESRI Network Analyst dotato di specifiche funzionalità per l'individuazione dei percorsi minimi.



Shape	Entity	Color	nodo1	nodo2	lunghezza
PolyLine	Polyline	1	torino	milano	139
PolyLine	Polyline	1	torino	genova	191
PolyLine	Polyline	1	torino	venezia	389
PolyLine	Polyline	1	torino	bologna	346
PolyLine	Polyline	1	torino	firenze	411
PolyLine	Polyline	1	torino	roma	712
PolyLine	Polyline	1	torino	cosenza	1158
PolyLine	Polyline	1	torino	bari	1006
PolyLine	Polyline	1	torino	napoli	904
PolyLine	Polyline	1	torino	messina	1310
PolyLine	Polyline	1	torino	olbia	566
PolyLine	Polyline	1	milano	genova	132
PolyLine	Polyline	1	milano	venezia	281
PolyLine	Polyline	1	milano	bologna	206
PolyLine	Polyline	1	milano	firenze	294
PolyLine	Polyline	1	milano	roma	594

Esempio di *view* rappresentante la rete stradale italiana.

Database associato alla rete stradale: esempio di tabella per la definizione delle caratteristiche dei singoli rami.


MODELLI IBRIDI PER IL SISTEMA DI TRASPORTO


DIMEG, Politecnico di Bari

Pianificazione strategica: il modello per la configurazione del servizio

Il modello di pianificazione strategica per la configurazione del sistema di trasporto è stato realizzato mediante l'applicativo *LOGistics ReDesign*[®] (LORD) - Remix Ltd[®]. LORD[®] è un tool di impiego industriale, sviluppato come supporto per decisioni di tipo strategico nella gestione di supply chain. Sulla scelta del software ha influito la possibilità di personalizzare i parametri di output della simulazione mediante la creazione di “pannelli di analisi”, nonché la semplicità di settaggio dei parametri del modello attraverso menù contestuali. La simulazione si è inoltre potuta avvalere della banca dati del software in cui sono presenti i principali collegamenti stradali, ferroviari e marittimi.


In figura è riportata l'interfaccia del modello proposta all'utente con il seguente significato delle icone visibili:

-  **head quarter:** sede amministrativa che controlla uno o più stabilimenti/depositi/centri di distribuzione. Attraverso questa icona si possono impostare strategie logistiche, politiche di marketing ed aspetti finanziari;

-  **plant:** impianto produttivo, con propri tempi e costi di produzione, fornitori, regole di produzione e di controllo dei magazzini.

Si sono inoltre introdotte due entità virtuali, pertanto non visualizzate nell'interfaccia:

-  **national warehouse:** magazzino centralizzato gestibile in maniera autonoma;

-  **logistic service:** fornitore di servizi di trasporto con relativi costi di servizio, vincoli e capacità di trasporto.



Il modello per la configurazione del servizio di trasporto

La produzione è guidata da una pianificazione che stabilisce per ciascun aereo una data limite per la consegna al cliente. Tale vincolo è introdotto nel modello come piano di produzione per il sito di assemblaggio. Il processo di assemblaggio del P180 è stato riprodotto in accordo con una durata standard di 92 giorni, un intervallo minimo di 14 giorni fra due assemblaggi successivi (vincolo inizio-inizio o “overlap interval”) ed un valore massimo del WIP di 4 aerei. Il magazzino componenti presso il sito di assemblaggio è gestito con regola “Make to order” (MTO). A questo

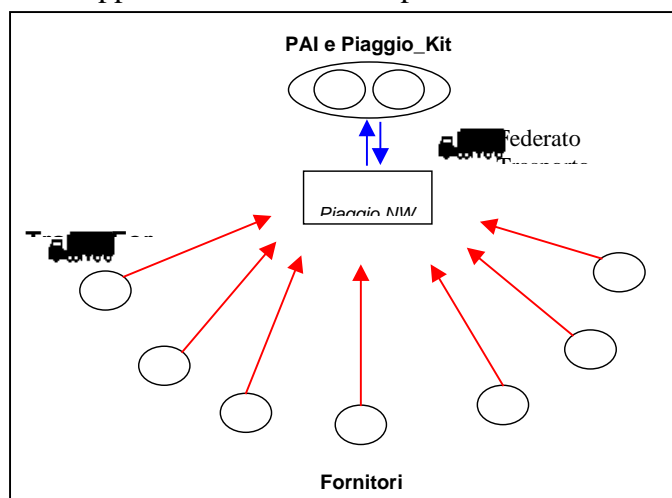
criterio corrisponde l'emissione degli ordini ai fornitori con un certo anticipo rispetto all'assemblaggio. La variabilità stocastica della durata del processo produttivo presso i fornitori è stata introdotta nel modello in forma di distribuzione di probabilità dei tempi di produzione dei componenti. Il software calcola i tempi di emissione degli ordini ai fornitori in relazione ai tempi di produzione che si presentano durante la simulazione. In figura è riportato il pannello in cui si è impostata la gestione del magazzino presso il sito di assemblaggio.

	Make or Buy	Control System	Back Log	Initial Stock	Safety Stock
Default Data	Buy	Reactive	Yes; Parts	0	0
P180	Make	Fixed Plan	Yes; Parts	0	0
attuatore anteriore	Buy	MTO	Yes; Parts	0	0
bulbo deriva	Buy	MTO	Yes; Parts	0	0
cloche	Buy	MTO	Yes; Parts	0	0
motore	Buy	MTO	Yes; Parts	0	0
quadro comando	Buy	MTO	Yes; Parts	0	0
sedili	Buy	MTO	Yes; Parts	0	0
stabilizzatore	Buy	MTO	Yes; Parts	0	0

Gestione del magazzino presso il sito di assemblaggio

La politica di produzione dei componenti è impostata in maniera tale da mandare in produzione pezzi singoli con la sovrapposizione del vincolo di un "overlap interval" di 14 giorni. L'approvvigionamento del sottocomponente dal subcontractor di secondo livello avviene anch'esso con anticipo calcolato dal software durante la simulazione.

L'imposizione del vincolo di capacità di trasporto è stato ottenuto inviando i componenti al sito di assemblaggio attraverso un magazzino virtuale (Piaggio NW) ed imponendo il vincolo sul link che collega questo magazzino al sito di assemblaggio. Si sono introdotti due fornitori di servizio di trasporto: il primo (Trasporto Fornitori) trasporta i componenti dai fornitori a Piaggio NW; il secondo (Federato Trasporto) preleva i componenti dal magazzino centralizzato ed effettua le consegne al main contractor. I sottocomponenti sono invece prelevati dal Federato Trasporto e consegnati ai subcontractor di primo livello dal Trasporto Fornitori. L'ubicazione del subcontractor di secondo livello a Genova (sede del main contractor) ha consentito di localizzare il Piaggio NW a Genova; i costi fissi del trasporto sono stati calcolati sul link che collega il magazzino al nodo di Genova, i costi variabili sono stati assegnati ai link fra magazzino centralizzato e subcontractor di primo livello. In figura sono rappresentati i link di trasporto del modello.



I link del sistema di trasporto implementato dal modello.

Con riferimento ad un piano di produzione di 14 aerei all'anno, si sono testate le strategie logistiche corrispondenti ad una flotta di mezzi del Federato Trasporto di 1 o di 2 mezzi. Di seguito sono riportati i valori medi dei parametri rilevati sui run di simulazione effettuati:

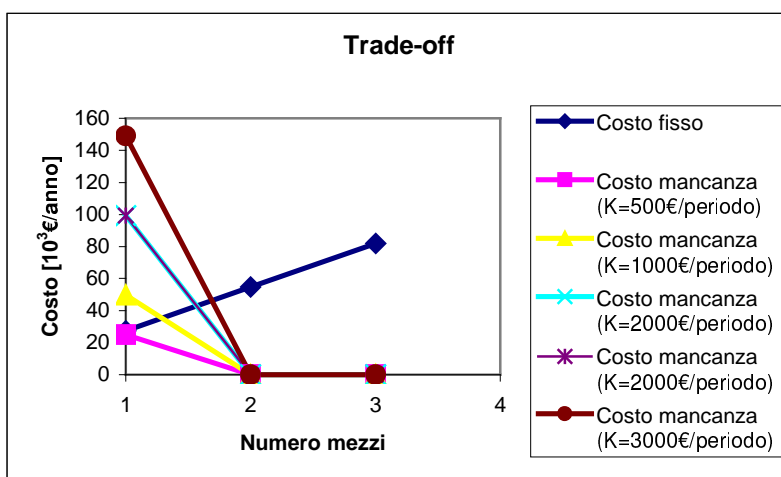
Strategia 1: 1 mezzo

- ü ritardo medio di consegna: 0,44 [settimane];
- ü ritardo totale di consegna: 50 [settimane];
- ü trasporti in ritardo: 49.75 [trasporti];

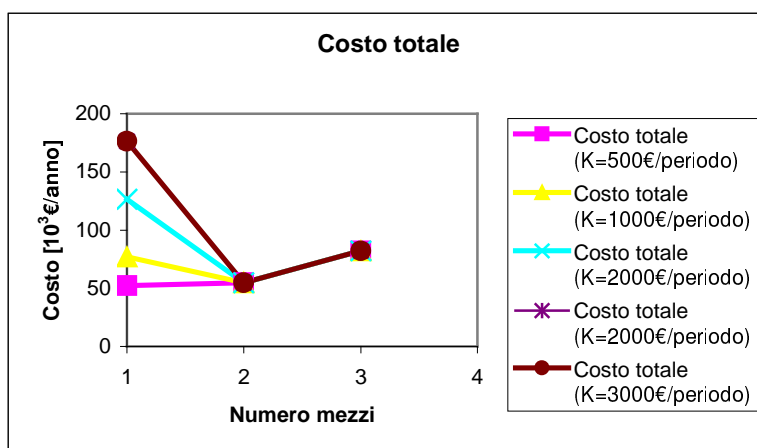
Strategia 2: 2 mezzi

- ü ritardo totale di consegna: 0 [settimane];
- ü trasporti in ritardo: 0 [trasporti];
- ü ritardo medio di consegna: 0 [settimane].

La disponibilità di 2 mezzi si è rivelata sufficiente a soddisfare interamente la domanda di trasporto. I “costi di mancanza” associati ai ritardi di consegna sono stati determinati in funzione di un parametro k [€/periodo di ritardo]. In figura è proposto il confronto fra costo fisso di mantenimento dei mezzi e “costo di mancanza” in relazione alle strategie logistiche indagate; in figura 6 sono presentati i costi totali (costi fissi + costi di mancanza).



Costo fissi vs. “costo di mancanza” per differenti strategie logistiche



Costo totale per differenti strategie logistiche

Per i valori di k superiori a 500 [€/periodo] risulta conveniente la disponibilità di più di un mezzo; non si rivela tuttavia opportuno impiegare più di due mezzi.

Pianificazione tattica del sistema di trasporto: l’algoritmo di gestione del servizio di trasporto

Si è formulato un algoritmo di funzionamento del Federato Trasporto finalizzato alla costruzione di un modello di simulazione in grado di riprodurre il comportamento in ambiente HLA. A tal fine, l’algoritmo è basato su di un avanzamento discreto del tempo e sullo scambio, a “time steps” fissati, dei valori di predefiniti parametri.

L’algoritmo di trasporto ha fatto riferimento alle metodologie presenti in letteratura per l’ottimizzazione di schedulazioni a risorse limitate. In particolare, è stata applicata la procedura di allocazione parallela poiché essa consente di effettuare la schedulazione per unità di tempo.

Lo schema logico dell’algoritmo elaborato è proposto in figura seguente.

L’algoritmo prevede che all’inizio di ciascun time step il Federato Trasporto riceva le richieste di trasporto dai federati di produzione ed aggiorni il proprio portafoglio di **Richieste_Transporto**. La successiva verifica della presenza di ordini aperti da parte del cliente ha la funzione di disattivare il servizio trasporto quando la produzione è ferma. Il Federato Trasporto controlla la presenza di servizio trasporto quando la produzione è ferma. Il Federato Trasporto controlla la presenza di richieste di trasporto, del periodo in corso o di periodi precedenti. In assenza di domanda di trasporto, il Federato resta in attesa sino al periodo successivo. Se la **Disponibilità_Transporto** è sufficiente a soddisfare tutte le richieste, è assegnato un mezzo a ciascuna richiesta. In relazione a tali assegnazioni sono aggiornate le **Richieste_Transporto**, le **Consegne_Effettuate** e la **Disponibilità_Transporto**. Qualora le richieste superino la **Disponibilità_Transporto**, è necessario effettuare le assegnazioni secondo le priorità assegnate. Al fine di minimizzare gli effetti dei ritardi consegna dei componenti sull’assemblaggio finale, si è stabilito di dare priorità al fornitore che ha effettuato un minor numero di spedizioni per una presumibile maggiore criticità del componente sull’assemblaggio. Nel caso in cui più fornitori abbiano ricevuto il medesimo numero di servizi di trasporto, viene privilegiato il fornitore che ha richiesto il servizio da un maggior numero di periodi (**Ritardo_Consegna** maggiore). Se l’aggiunta di questo criterio non è sufficiente ad effettuare la scelta, si è stabilito di riferirsi ad un **ID_Fornitore** che stabilisce un ordine di importanza fra i fornitori. L’assegnazione è riportata su **Richieste_Transporto**, **Consegne_Effettuate** e **Disponibilità_Transporto**. Si procede in tal modo con assegnazioni “singole” sino a che la **Disponibilità_Transporto** non è esaurita.

Pianificazione operativa del servizio di trasporto: il modello per l’integrazione HLA

Il modello è stato realizzato mediante il software Arena[®], applicativo di ampio utilizzo per la simulazione di sistemi “manufacturing oriented”. Arena è adattabile alla modellizzazione di sistemi “service oriented” ed offre possibilità di interfacciamento in ambiente HLA. La costruzione dei modelli è ampiamente visuale e si avvale di routine predefinite per la generazione di moduli di simulazione.

Le entità caratteristiche della simulazione corrispondono ai componenti da trasportare. A tali entità sono associati i seguenti attributi:

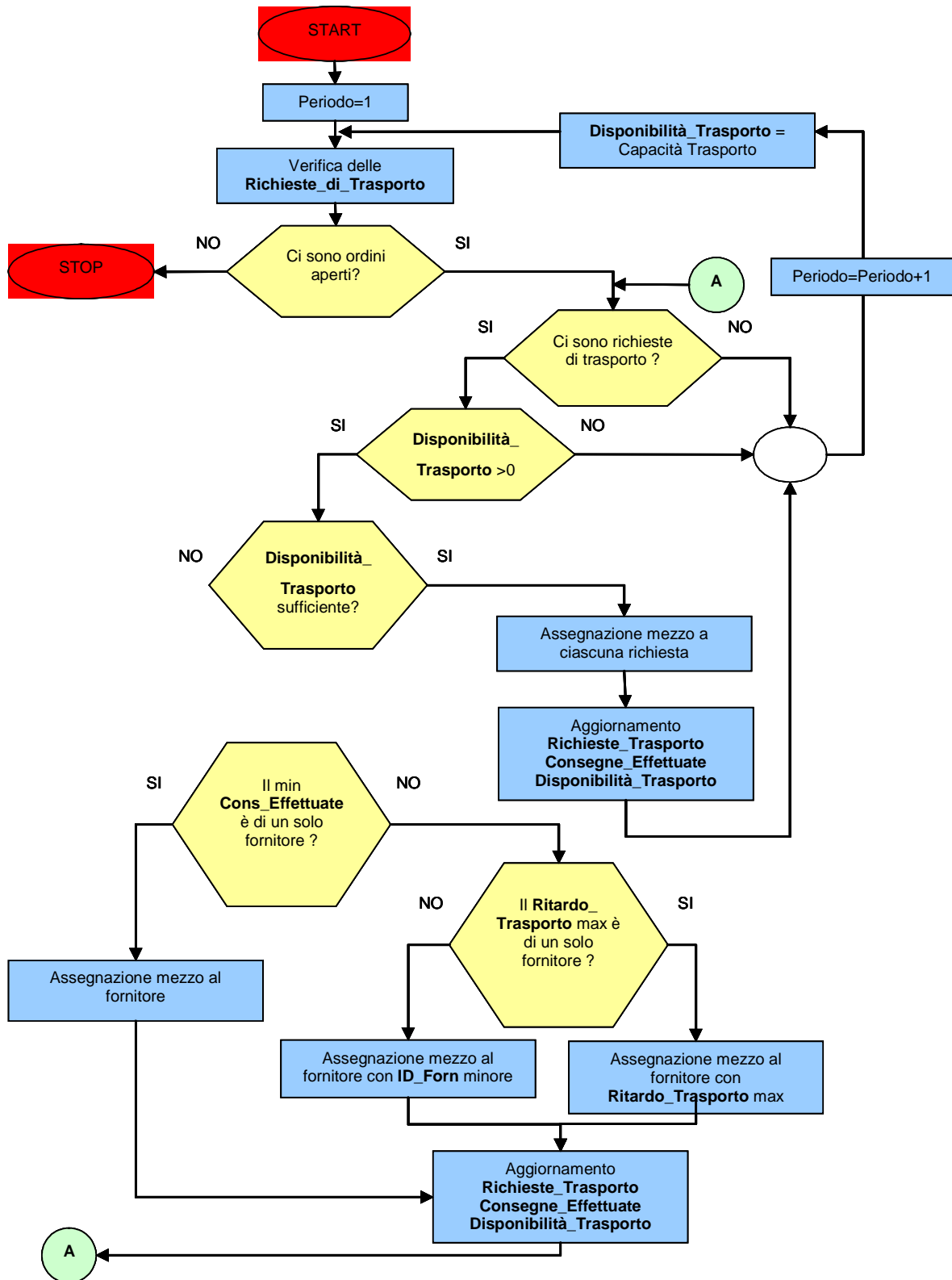
- *Tipo*: identificativo del tipo di componente;
- *ID_Pezzo*: numero di serie che consente di distinguere pezzi del medesimo tipo;
- *Due date*: termine massimo (giorni lavorativi sull’orizzonte temporale del piano di produzione del main contractor) per la consegna del componente;
- *Transport Time*: durata del trasporto.

Le entità, generate dalla simulazione dei processi produttivi dei fornitori, sono inviate in una coda comune in cui sono ordinate in base alle priorità stabilite per il trasporto. Il collocamento dei componenti nella coda del servizio di trasporto avviene in relazione a valori crescenti del parametro:

$$P = \text{Due date} + \frac{T - \text{Due date}}{1000} + \frac{\text{Tipo}}{10000}$$

dove:

T = unità di tempo in cui il componente entra in coda.



L'algoritmo per la gestione dei trasporti.

L'ipotesi di richiedere la disponibilità di tutti i componenti del prodotto sin dall'inizio dell'assemblaggio comporta che componenti di tipo differente con medesimo ID_Pezzo abbiano uguale Due date. L'orizzonte di pianificazione rispondente a piani di produzione annuali (circa 220 giorni lavorativi) garantisce che il secondo termine della somma sia un numero esatto alla terza cifra decimale. Ne consegue che il periodo T in cui è effettuata la richiesta di trasporto è influente

unicamente a parità di Due date. Sono sufficienti meno di 10 valori dell'attributo Tipo per identificare tutti i componenti presenti; l'ultimo termine assume pertanto rilevanza soltanto nel caso in cui i primi due non consentano di effettuare la scelta.

In ciascuna unità di tempo il Federato Trasporto confronta la propria capacità di trasporto (in [tempo di trasporto/unità di tempo]) associata alla strategia logistica adottata con le richieste di trasporto. I componenti sono considerati singolarmente secondo l'ordine di ordinamento in coda e selezionati per il trasporto unicamente se ad essi corrisponde un Transport time inferiore alla Disponibilità_Transporto. Tale disponibilità è, ovviamente, aggiornata ogni volta che un componente è sbloccato dalla coda e riportata al valore della capacità di trasporto all'inizio di ciascuna unità di tempo.

INTEGRAZIONE DEI MODELLI

DIP, Università di Genova

Nella fase di sviluppo della federazione complessiva di WILD_II si è registrata una certa difficoltà da parte delle sedi consorziate di sviluppare il software corrispondente di competenza. Il DIP dell'Università di Genova ha provveduto quindi ad implementare tutti gli aspetti del progetto nei propri modelli dando vita ad una suite di simulazione e pianificazione denominata "RR_HLA", tale suite costituisce la naturale evoluzione dei simulatori GG precedentemente sviluppati ed aggiunge gli aspetti innovativi di negoziazione e supporto logistico.

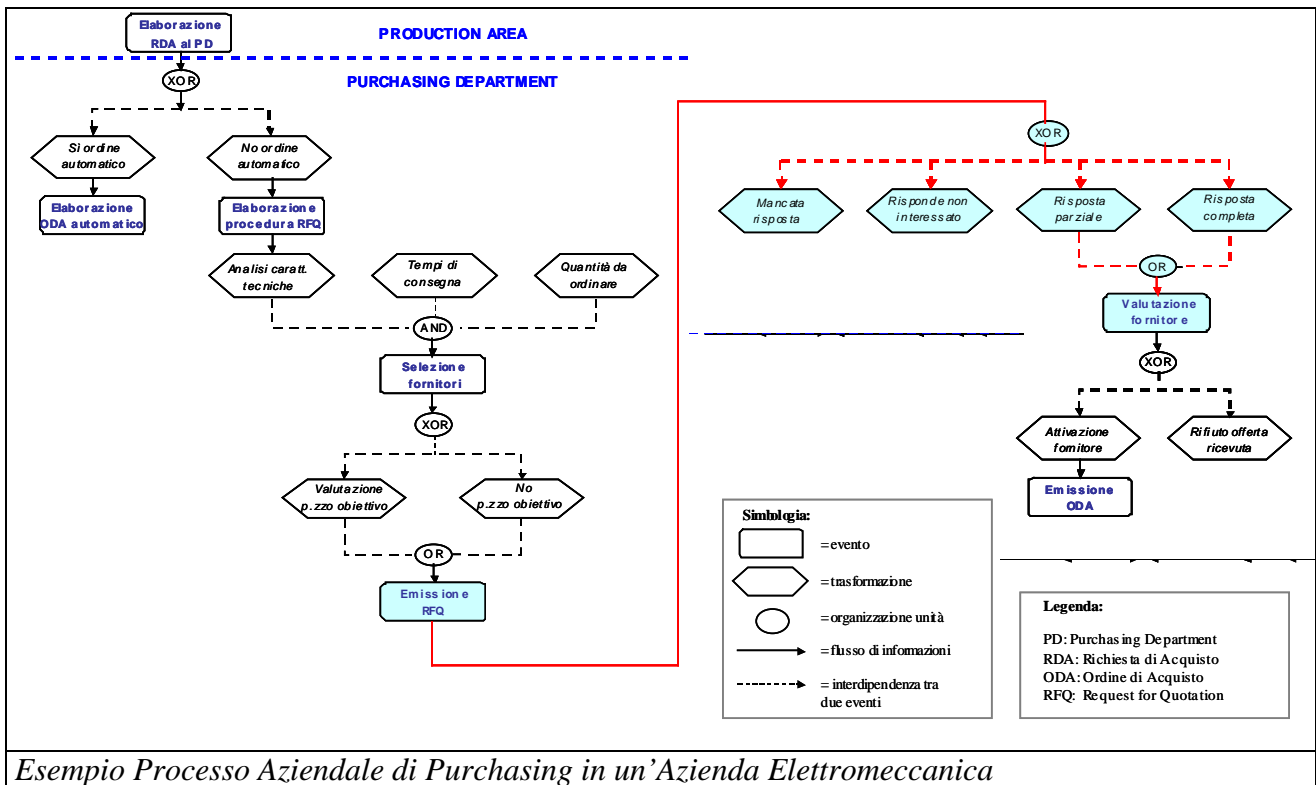
Dal momento che il protocollo di simulazione distribuito è HLA risulta comunque possibile da parte delle varie sedi procedere all'integrazione dei propri modelli nella federazione qualora gli standard di scambio delle informazioni concordati vengano rispettati. Per il gruppo di ricerca del DIP l'integrazione dei modelli è stata condotta preliminarmente testando i nuovi modelli con simulatori stub in grado di mettere a punto i meccanismi di scambio dati e le interfacce di comunicazione con le strutture software dell'HLA. La prima prova di integrazione ha avuto luogo tra il simulatore del federato Carrier ed il simulatore stub Main Contractor in modo da testare le logiche di routing e di controllo delle procedure logistiche. Al termine di questa fase è stato integrato il modello RR_HLA di sub contractor derivandolo dal corrispondente modello GG Simulator. Le differenze sostanziali sulle due applicazioni hanno riguardato sia la gestione della base di dati corrispondente, sia l'integrazione con i moduli logistico e negoziale.

Integrazione dei Simulatori RR_HLA con l'ERP Aziendale

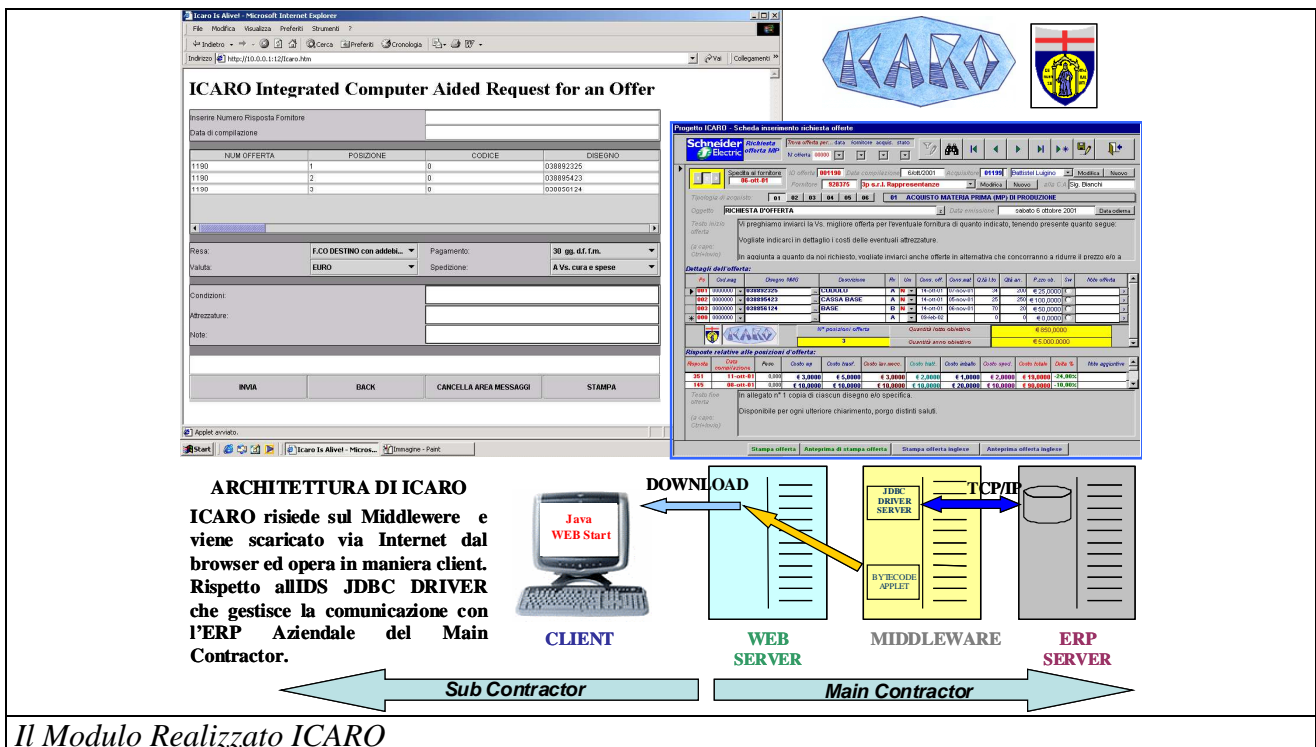
Il modulo RR_HLA è stato svincolato dalla gestione di inizializzazione basata su file ASCII e passato all'integrazione con basi dati relazionali utilizzando il bridge JDBC-ODBC™ di Sun Microsystems™, ulteriori prove sono state condotte su base dati ORACLE™ rispettivamente utilizzando il protocollo nativo e la versione Type 2 di Oracle Lite 9i. L'integrazione si è avuta dunque oltre che con i federati e la federazione anche tra i federati e le rispettive basi dati del sistema ERP. Analoghe esperienze, nell'ambito del progetto WILD, sono state condotte con successo dal gruppo di ricerca ed hanno costituito il caso di test della metodologia proposta.

Il progetto ICARO (Integrated Computer Aided Request for an Offer) ha permesso di testare ampiamente la metodologia di collegamento del sistema informativo aziendale con applicativi esterni in grado di fornire un supporto alla gestione logistica ed al controllo dell'intera catena del valore. Il progetto, realizzato per una branca di un gruppo industriale operante nel settore delle costruzioni elettromeccaniche, ha permesso di sviluppare un modulo remoto, interconnesso tramite la rete internet, in grado di interfacciare il sistema informativo dei subcontractor con quello aziendale. Tale strumento prevede un'interfaccia client perfettamente funzionale realizzata con tecnologia Java Web-Start™ con cui il subcontractor, in fase di negoziazione del contratto, accede alle informazioni presenti sui sistemi informativi del main e quota la sua offerta la quale viene immediatamente valutata dal ERP del main contractor. Tale approccio consente di risparmiare in maniera significativa tempo nella gestione degli ordini e costituisce un esempio di integrazione stretta tra ERP e strumenti legacy. L'architettura proposta è costituita da un'applicazione client che

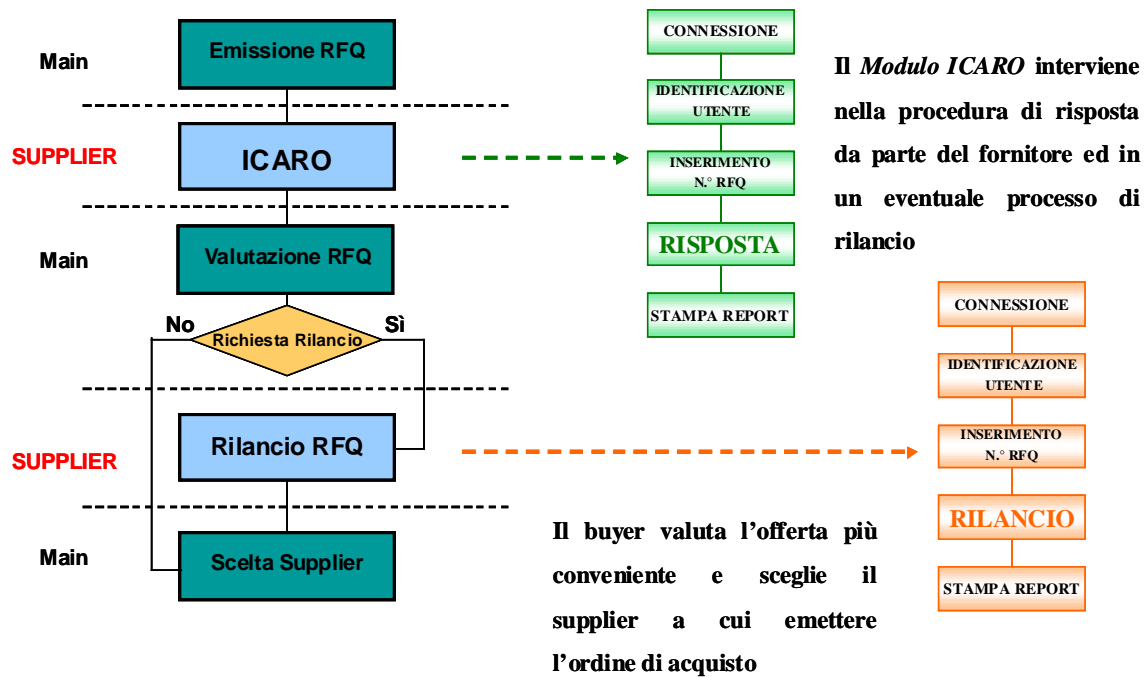
si connette con il data warehouse del Main Contractor ed opera limitatamente sulle tabelle relazionali a lui dedicate mediante una connessione remota JDBC™ protetta da cifratura SSL a 128 bit. In tal maniera lo scambio di informazioni avviene in tempo reale su un'applicazione che si presenta, in tutto e per tutto, come una comune applicazione windows. Rispetto alla classica architettura web-oriented ICARO presenta numerosi vantaggi in termini di velocità di esecuzione e di interattività con l'utente. L'utilizzo pratico del modulo ICARO ha permesso inoltre di dimostrare la pratica utilità di integrare i sistemi informativi delle aziende coinvolte nella supply chain e di valutarne puntualmente i vantaggi.



Esempio Processo Aziendale di Purchasing in un'Azienda Elettromeccanica



Passi Procedurali di Funzionamento del Modulo ICARO



Metodologia di Integrazione di ICARO nei Processi Aziendali

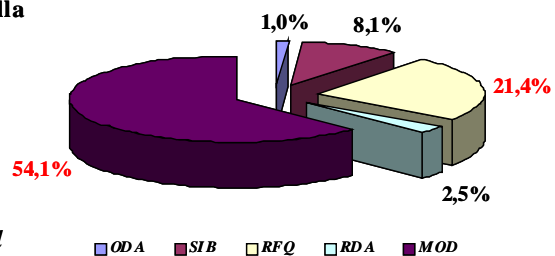
Sigla	ATTIVITA'	% sul tempo totale giornaliero		% per gruppo di attività	
		Situazione attuale	Software ICARO	Situazione attuale	Software ICARO
RFQ	Confronto, valutazione e selezione delle offerte	6,9%	2,4%	27,7%	21,4%
	Archiviazione Offerte	1,90%	0,05%		
MOD	Documentazione e comunicazioni con fornitori (fax, e-mail, telefonate)	50,0%	45,8%	58,3%	54,1%

Con l'utilizzo del Modulo ICARO si ottiene un abbattimento complessivo del 10,6% del tempo giornaliero dedicato alle attività della funzione Acquisti

Con il Modulo ICARO si contraggono i tempi relativi:

- ☐ al confronto, alla valutazione ed alla archiviazione delle offerte pervenute
- ☐ alle comunicazioni con i fornitori

Distribuzione temporale delle attività



Il processo di RFQ passa da una incidenza del 27,7% ad una del 21,4% sul tempo totale giornaliero

Risultati dell'Integrazione del Modulo ICARO

Integrazione di RR_HLA nella Federazione WILD_II

Il modulo RR_HLA è stato successivamente integrato con il modulo GG del Main –Contractor in maniera da testare gli algoritmi di negoziazione sviluppati nel corso dello sviluppo di ICARO.

In tale circostanza è stata anche valutata la procedura di ottimizzazione dell'algoritmo di negoziazione mediante lo sviluppo di un modulo basato sulla Teoria dell'Equilibrio di J. Nash.


In particolare l'integrazione dei federati nella federazione WILD_II è avvenuta secondo un approccio duplice: in una prima fase si è introdotto un nuovo oggetto negoziazione che veniva generato per ogni richiesta di negoziazione.

Gli attributi di tale oggetto venivano successivamente negoziati dai federati in modo da raggiungere l'accordo, tale modello ha dimostrato tuttavia una difficoltà di funzionamento se utilizzato con architetture software multithread.

Il processo dell'RTI, infatti, è un'applicazione Single Thread e la sua interazione con processi Multi Thread può determinare una perdita di informazioni; per ridurre questo fenomeno si è provveduto ad una riscrittura del processo di simulazione mediante la definizione di un oggetto Negoziazione unico per federato i cui attributi sono via via aggiornati e formattati in maniera da rappresentare le varie istanze di richieste di negoziazioni in atto.

L'integrazione complessiva dei modelli è avvenuta in rete locale e successivamente in rete geografica non dedicata secondo lo schema abituale.

WILD II _ Project John Nash's Module

MAIN	Penale cliente (P)	1 €		DIP - University of Genoa Via Opera Pia, 15 16145 Genoa, Italy http://st.itim.unige.it
	Penale massima cliente (Pmax)	1 €		
	Guadagno Comessa (Gm)	60 €		
	Trustness C coefficient (alpha)	95.000%		
Sub Contractor	Penalty to be Applied (p)	0 €		
	Max Penalty to be Applied (maxp)	1 €		
	Earning on the Order (GC)	55 €		
	Costs for Overworking	1 €		

Ottimizza

Delay Proposed by Sub - Contra	10
John Nash's Equilibrium	7
Aggressive Attitude	6

Cost Function (Main)	Main Contractor Costs	7 €
Cmain=(P-p)n	Sub Contractor Costs	3 €
Negotiation Broken=Pmax+Gm	Total Costs	10 €
Costs Function (Sub)		
Csub=pn + Sc(n ² -n)		
Negotiation Broken=pmax+Gs		

Il Modulo di Valutazione dell'Equilibrio del Gioco (Negoziazione)

DE, Università de L'Aquila

In questa fase si è dapprima sviluppata l'infrastruttura software che permette al trasportatore ARENA, di per sé non HLA-compliant, di conformarsi allo standard adottato per interscambiare correttamente le informazioni con altri federati e sincronizzare l'avanzamento della simulazione. Tale approccio ha previsto lo sviluppo in linguaggio C++ di un Local Ambassador che implementi le funzionalità di Federate Ambassador richieste dal protocollo HLA, e di una routine event-driven, sviluppata in linguaggio C e compilata come Dynamic Link Library che attiva le comunicazioni tra il simulatore Arena e l'Ambassador.

Lo scambio informazioni avviene in modalità connection-oriented utilizzando il protocollo TCP/IP. Quali specifiche per lo scambio dati tra i federati si sono inizialmente considerate valide quelle già sviluppate nel programma di ricerca “Gestione integrata di sistemi produttivi interagenti: metodi quantitativi avanzati per la quick response”.

Tuttavia mentre per l’integrazione globale della federazione dimostrativa della supply chain Piaggio Aero Industries la sede di Genova, in relazione alla simulazione dei trasporti ed alla gestione del processo di negoziazione, ha provveduto in questo secondo programma di ricerca ad emanare nuove specifiche di dettaglio, le singole sedi hanno congiuntamente deciso di non doversi necessariamente conformare ad una singola specifica ma di poter proseguire i singoli sviluppi sviluppando ciascuna delle specifiche autonome al fine di ampliare lo spettro della ricerca e potere confrontare soluzioni differenti, essendo stata già dimostrata la fattibilità di una federazione basata su specifiche comuni, ed essendo scarsamente rilevante dal punto di vista concettuale l’implementazione dell’una o dell’altra specifica.

In tale ottica anche la sede di L’Aquila ha provveduto ad elaborare specifiche autonome per la gestione del sistema di trasporto.

In particolare, nella federazione sviluppata le informazioni scambiate tra i membri partecipanti sono le seguenti:

- ordine di acquisto, da un cliente al fornitore (warehouse o manufacturer);
- conferma di ordine di acquisto, dal fornitore al cliente;
- ordine di richiesta di trasporto, dal fornitore del prodotto al fornitore del servizio di trasporto;
- conferma dell’avvenuto prelievo, dal trasportatore al fornitore;
- conferma dell’avvenuta consegna, dal trasportatore al fornitore ed al cliente;
- messaggio di expediting dal cliente al fornitore e dal fornitore al trasportatore.

Il protocollo HLA richiede che tali messaggi, che rappresentano gli oggetti scambiati nella federazione, siano caratterizzati da una determinata struttura che ne definisca gli attributi. Nella tabella seguente si riporta la struttura adottata.

In particolare attraverso l’ordine di acquisto il fornitore viene informato della richiesta, da parte di un certo cliente, di una specifica quantità di un determinato prodotto, da consegnare entro una data prefissata. L’oggetto ordine di acquisto sarà allora caratterizzato da un codice identificativo per il cliente e da uno per il fornitore, da un numero progressivo per identificare l’ordine specifico, la data di consegna stabilita, un codice identificativo del prodotto, la quantità richiesta, il costo di acquisto, la penale in caso di consegna oltre la data stabilita.

A sua volta il fornitore risponde attraverso un messaggio di conferma dell’ordine al fine di rendere nota l’avvenuta ricezione e accettazione dell’ordine di produzione, e di confermare la disponibilità del prodotto, il prezzo e la data di consegna promessa.

Prezzo, quantità, data di consegna e penali possono essere decise da cliente o fornitore o concordate a seguito di una fase di negoziazione.

In particolare se l’ordine cliente non può essere soddisfatto oppure non al prezzo/data richiesti allora il messaggio di conferma da parte del fornitore assume il significato di una proposta di negoziazione.

In tal caso un flag nell’ordine di acquisto o nel messaggio di conferma segnala che il messaggio/ordine è da considerarsi definitivo o una proposta soggetta ad approvazione.

A tale scopo il protocollo HLA rende disponibili i servizi di scambio di proprietà di un attributo permettendo ai federati autorizzati di modificare i valori di alcuni attributi permettendo il loro aggiornamento durante la fase di negoziazione. Alla fine della negoziazione solo l’ordine di acquisto nella sua forma finale ed il corrispondente messaggio di conferma risulteranno.

Struttura oggetti federazione

<i>Ordine acquisto</i>	<i>Conferma ordine acquisto</i>	<i>Ordine richiesta di trasporto</i>
Codice ID cliente	Codice ID cliente	Codice ID trasportatore
Codice ID fornitore	Codice ID fornitore	Codice ID fornitore
Codice progressivo ordine	Codice progressivo ordine	Codice ID cliente
Data di consegna richiesta	Data di consegna confermata	Codice progressivo ordine
Codice ID prodotto	Codice ID prodotto	Data di consegna richiesta
Quantità	Quantità confermata	Minima data prelievo
Prezzo	Prezzo ordine confermato	Codice ID prodotto
Penale per ritardo	Conferma Penale per ritardo	Quantità
Data emissione ordine	Data emissione ordine	Volume
Stato negoziazione	Stato negoziazione	Dimensione
<i>Conferma prelievo eseguito</i>	<i>Conferma consegna eseguita</i>	Peso
Codice ID trasportatore	Codice ID trasportatore	Costo consegna
Codice ID fornitore	Codice ID fornitore	Penale per ritardo
Codice ID cliente	Codice ID cliente	Data scadenza prodotto
Codice progressivo ordine	Codice progressivo ordine	Data emiss.ordine trasporto
Data di consegna richiesta	Data di consegna richiesta	Tipo di prodotto
Data attuale di prelievo	Data attuale di consegna	Expediting
Codice ID prodotto	Codice ID prodotto	Codice ID trasportatore
Quantità attuale	Quantità attuale	Codice ID fornitore
Costo consegna	Costo consegna	Codice ID cliente
Penale per ritardo	Penale effettiva per ritardo	Codice progressivo ordine
Data emiss.ordine trasporto	Data emiss.ordine trasporto	Data di consegna richiesta
	Expediting flag	Data di consegna expedited
		Codice ID prodotto
		Quantità
		Tariffa Expediting

Dopo aver ricevuto l'ordine di acquisto, il modello di simulazione della produzione provvederà ad evadere tale ordine o utilizzando i prodotti finiti mantenuti a scorta nel magazzino, se la loro tipologia e quantità è tale da soddisfare la richiesta del cliente, altrimenti provvederà ad aggiornare il piano interno di produzione e quindi a simulare l'intero processo produttivo. In questo caso dovrà esser prevista la possibilità di emissione da parte del produttore di ordini di acquisto di materie prime, componenti o pezzi per l'assemblaggio presso suoi subfornitori (eventualmente rappresentati da altri federati partecipanti alla federazione).

Non appena la produzione sarà terminata, verrà inviato un ordine di richiesta di trasporto al federato trasportatore; attraverso tale ordine inoltre il cliente potrà essere informato dell'avvenuta produzione relativa al corrispondente ordine di acquisto.

Nello specifico, l'oggetto ordine di trasporto sarà caratterizzato da un identificativo per il trasportatore, uno per il fornitore ed uno per il cliente, che definiscono geograficamente l'ubicazione del punto di prelievo e consegna, da un codice relativo al prodotto da trasportare e la data di consegna stabilita.

Il fornitore include informazioni circa la quantità da prelevare, dato che il cliente può confrontare con la quantità originariamente richiesta, e la data di prelievo al più presto per la quale il materiale potrà essere disponibile.

Tel data non necessariamente corrisponderà con la data di emissione dell'ordine di trasporto nel caso in cui l'ordine venga emesso in anticipo per prenotare i servizi del trasportatore. Altre

informazioni utili al trasportatore sono le caratteristiche fisiche del carico, necessarie per scegliere opportunamente la tipologia di veicoli da usare per il trasporto, l'entità della penale in caso di ritardo nella consegna e l'eventuale data di scadenza od obsolescenza.

Il successivo messaggio di conferma dell'avvenuto prelievo viene pubblicato in federazione solo quando il materiale è stato prelevato presso il fornitore, al fine di aggiornare il livello delle scorte od il file di backlog in caso di consegna parziale.

Dopo la simulazione del processo di trasporto che, per quanto concerne l'esecuzione della federazione, implica semplicemente l'introduzione di un ritardo, il trasportatore pubblica un messaggio di avvenuta consegna, con la relativa data, in maniera tale da consentire al cliente di aggiornare il livello di scorta del proprio magazzino.

Il cliente ed il fornitore possono inoltre pubblicare l'oggetto richiesta di expediting al fornitore ed al trasportatore rispettivamente, i cui attributi definiranno i partners coinvolti, il riferimento all'ordine di acquisto originario, il codice del prodotto, la vecchia e la nuova data di consegna, la quantità (se inferiore all'ordine iniziale) e la penale di expediting.

DIMEG, Politecnico di Bari

L'integrazione in ambiente HLA fra i diversi federati definiti, Federato Trasporto e Federati di Produzione, richiede che nella federazione sia definita una classe dedicata al Federato Trasporto.

Le informazioni scambiate fra i federati devono inoltre consentire il funzionamento del servizio di trasporto.

A tal fine è stato sviluppato l'applicativo HLAMod, tool in grado di creare/modificare una federazione in ambiente HLA.

Il software consente di modellare la struttura della federazione (oggetti ed interazioni) nonché di stabilire le caratteristiche delle classi di federati (join, abilitazioni a creare/pubblicare/sottoscrivere attributi).

HLAMod è codificato in C⁺⁺; e si basa su MCF (Microsoft) per la gestione della grafica e su Xerces (IBM) per la gestione dei file XML.

Il tool sviluppato si compone, oltre che del file eseguibile HLAMod.exe, della libreria dinamica xerces-c_1_5.dll che consente di impiegare le librerie MCF incluse nel sistema operativo e di contenere in tal modo le dimensioni dell'eseguibile.

Assieme all'eseguibile HLAMod.exe è stato sviluppato il template HLAFederate.java per la generazione del proxy HLA.

HLAMod mantiene le informazioni sulla federazione in un file proprietario codificato in XML e permette la generazione di un nuovo file e la modifica di file esistenti; è possibile esportare la federazione nel formato HLA con estensione ".fed" e generare i file java di implementazione del proxy HLA per ciascuna classe di federato.

La federazione è visualizzata con una struttura ad albero (Figura seguente) che ne riproduce la struttura gerarchica:

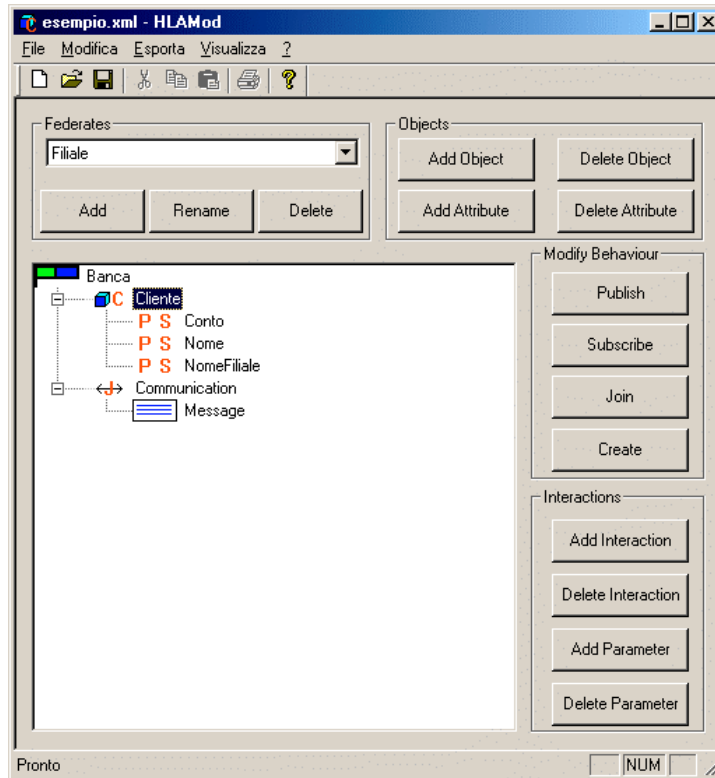
- § la radice dell'albero identifica la federazione (icona: bandiera verde/blu);
- § i nodi figli possono essere oggetti (icona: cubo) o interazioni (icona: doppia freccia); ed i rispettivi attributi e parametri.

È possibile aggiungere/eliminare oggetti, come anche aggiungere/eliminare attributi.

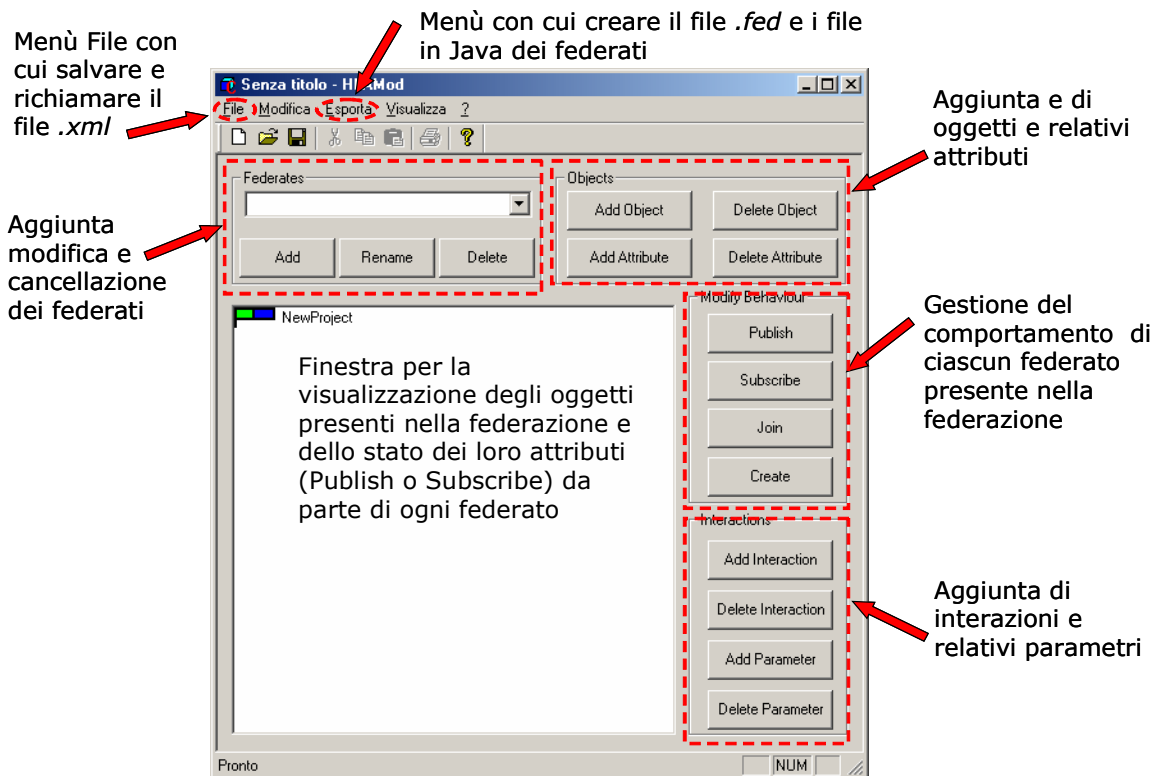
Il software consente di effettuare le medesime operazioni sulle interazioni e sui parametri delle interazioni.

È prevista la presenza nella medesima federazione di più classi di federati.

La lista delle classi di federati è riportata nella listbox presente nel riquadro "Federates" Singole classi possono essere create, eliminate o modificate mediante i pulsanti Add, Rename e Delete presenti nello stesso riquadro.



La struttura gerarchica in HLA Mod



Interfaccia utente HLA Mod

Per aggiungere o eliminare oggetti o attributi è necessario selezionare la posizione nella struttura ad albero e premere i relativi pulsanti nel riquadro Objects.

Per aggiungere o eliminare interazioni o parametri bisogna selezionare la posizione e premere i relativi pulsanti nel riquadro Interactions.

La modifica del comportamento della classe del federato avviene (solo solo federato attivo) mediante i pulsanti del riquadro Modify Behaviour. Ad esempio selezionando un attributo e premendo Publish si abilita o disabilita (a seconda dello stato attuale) la pubblicazione dell'attributo da parte della classe di federato. A tale scopo sono presenti diverse lettere indicanti lo stato dell'operazione (Fig. 10):

- su ogni oggetto una C (create)
- su ogni attributo una P (publish) ed una S (subscribe)
- su ogni interazione una J (join)

La lettera in colore rosso indica che la classe di federato è abilitata all'operazione, in colore grigio indica che la classe è disabilitata all'operazione.

Dal menu Export è possibile generare il file HLA (.fed) e le implementazioni Java basate sul template.

Il proxy basato su HLAFederate.java consente la gestione delle operazioni descritte nel seguito.

Ad ogni federato è associato un proxy corrispondente, all'interno del quale è definita una classe per ciascuna interazione/oggetto. La fase di inizializzazione prevede che il proxy sia creato e quindi avviato con il metodo *Create* al quale devono essere passati: il nome del file .fed, un oggetto della classe *Output*; tale classe può essere una finestra, uno stream su file o a video e non fa parte dei file generati. Il metodo utilizzato dal federato è *append*; tale metodo accetta una stringa in ingresso contenente delle informazioni di tracing.

Nel seguito è illustrata un'esempio di implementazione della classe *Output*.

Per ogni ciclo di simulazione la prassi è:

- verificare se ci sono nuovi oggetti o interazioni in rete (o se sono stati modificati);
- creare, modificare, eliminare oggetti o loro attributi;
- avanzare di una unità temporale.

Ogni volta che un oggetto o interazione vengono creati o modificati, il proxy viene aggiornato. Il software consente di ottenere la lista degli oggetti o interazioni che hanno subito modifiche, mediante l'implementazione dell'interfaccia *Enumeration* (cfr. documentazione di java.util) con il metodo *getListOfXXXChanged*, dove al posto di XXX va inserito il nome dell'oggetto/interazione.

Per modificare o leggere gli attributi di un oggetto/interazione si utilizzano i metodi *getXXX* e *setXXX*, dove XXX è il nome dell'attributo. Tali metodi devono essere inviati all'oggetto che viene restituito dopo la creazione o mediante la *Enumeration*.

La creazione di un oggetto avviene mediante il metodo *createXXX* del proxy, dove XXX è il nome dell'oggetto. I parametri sono indicati nel file java e rappresentano delle stringhe. In particolare, sono presenti i parametri di cui è stata fatta una publish.

La rimozione di un oggetto può essere richiesta mediante il metodo *deleteXXX* del proxy, dove XXX è il nome dell'oggetto.

L'avanzamento di una unità temporale è richiesta mediante il metodo *TimeAdvance* del proxy.

Al termine della simulazione, è necessario chiamare il metodo *Destroy* del proxy, per ottenere il resign del federato.

DE "Sergio Stecco" – Sezione Impianti e Tecnologie, Università di Firenze

La federazione WILD è costituita da un set di simulatori in grado di riprodurre il funzionamento di una catena logistica.

Il framework di simulazione distribuita è finalizzato alla gestione intelligente della Supply Chain (SC) e costituisce un valido strumento di supporto al Supply Chain Management:

- § In fase di design e validazione di una SC: è possibile verificare se i fornitori sono in grado di fornire la capacità produttiva richiesta, riuscendo ad evadere gli ordini nei tempi programmati. Inoltre è possibile verificare se i fornitori sono, in caso di necessità, in grado di rispondere positivamente ad eventuali richieste di variazione degli ordini in corso d'opera (in termini di tempi di consegna, quantità e prezzo).

§ Per la validazione delle tecniche di schedulazione e per l'ottimizzazione delle prestazioni complessive: la simulazione permette di testare ottimizzazioni multi-obiettivo per individuare le soluzioni gestionali più efficaci.

Di seguito sono riassunte le caratteristiche di cui ogni federato deve disporre, per integrarsi nella federazione WILD, e quindi consentire lo studio di ottimizzazione delle prestazioni della catena logistica di appartenenza, in base all'architettura proposta dalla sede di Firenze.

§ **Capacità finita:** l'introduzione di una pianificazione a capacità finita è un requisito indispensabile affinché i ritardi e i tempi sperimentati con la produzione siano effettivamente dipendenti dal livello di carico della macchina/ reparto/risorsa considerata.

§ **Negoziazione con il cliente:** è stato assunto che i contatti fra cliente e fornitore avvengono in due fasi. In un primo momento il contractor richiede all'azienda la disponibilità a fornire una certa quantità di prodotti per una certa data.. Il fornitore risponde in base alla previsione di disponibilità a produrre; questa fase si basa sullo scambio di una serie di messaggi tra i soggetti interessati (ovvero tra i relativi federati).

§ **Rilascio degli ordini:** nella prima fase l'organizzazione controlla la disponibilità e si impegna virtualmente, allocando le risorse per un certo periodo di tempo (in cui garantisce il risultato richiesto); nella seconda fase l'ordine viene accettato per la produzione, ammettendo ovviamente la conformità delle specifiche. Questa impostazione prevede che una verifica di disponibilità venga sempre effettuata prima del rilascio degli ordini, e che in mancanza di disponibilità a produrre, ovvero di impossibilità di soddisfare la prestazione richiesta (evento che dipende dalla configurazione produttiva in esame), l'ordine non sia accettabile. Nella seconda fase, in base alla logica di pianificazione/ottimizzazione adottata a livello centrale (ovvero, in base alla disponibilità a produrre mostrata dall'intera federazione), viene emesso l'ordine di produzione (OdP). L'OdP sarà programmato e lanciato in produzione in base ai criteri di ottimizzazione locale (nel caso, improntate su una schedulazione al più presto e sulle priorità accordate al cliente).

§ **Variazioni sugli ordini emessi:** dall'istante di emissione dell'ordine, il MC può richiedere una modifica di una specifica dell'ordine (tempo, quantità, entrambe). Il modello verifica la possibilità di evadere l'ordine in accordo alla variazione richiesta, e si esprime in merito, accettando o rigettando la relativa richiesta. E' facilmente implementabile una gestione articolata, che proponga soluzioni intermedie rispetto alla specifica che risulta inaccettabile.

§ **Leve gestionali:** il modello prevede la possibilità di attivare alcune leve gestionali per modificare la capacità produttiva. Sono state prese a riferimento le situazioni più comuni (outsourcing e lavoro straordinario tramite turni extra). E' inoltre contemplata la possibilità di subire azioni di expediting volte a modificare le priorità degli ordini in corso (si agisce sul sorting delle righe degli shop order dei vari reparti di produzione). Tramite l'implementazione delle leve descritte, il sistema acquisisce la flessibilità richiesta per proporre qualunque approccio di ottimizzazione globale. Sotto l'aspetto della simulazione, le leve sono attivate tramite specifici metodi che, all'inizio di ogni periodo di pianificazione, vanno a definire la capacità produttiva dei reparti. La procedura di attivazione è implementata parametricamente, sulla base di un'indicazione che può avere origine interna o esterna al sistema.

§ **Gestione dei magazzini MP:** nel caso di sub-fornitori non partecipanti alla DSCS, il modello prevede la gestione del magazzino materie prime e degli approvvigionamenti secondo una logica a fabbisogno, in modo da minimizzare il volume delle scorte. E' quindi possibile analizzare l'impatto dei ritardi nelle sub-forniture sulle prestazioni complessive della SC.

Tutte le caratteristiche elencate sono implementate nel modello di federato realizzato dalla sede di Firenze. Anche se le specifiche di funzionamento della negoziazione, che si basano sull'emissione di una serie di *interaction*, non sono direttamente integrabili nel modello globale proposto da Genova, occorre comunque un impegno contenuto per portare a convergenza le specifiche adottate dalla sede di Firenze con quelle sviluppate dalla sede di Genova.

Nuova versione del modello Plyform

Il modello della realtà aziendale Plyform, associata al Dipartimento di Ingegneria Gestionale all'interno della ricerca, è stato completamente ri-modellizzato rispetto alla precedente edizione. Basandosi sulla struttura del prototipo realizzato nella fase WILD I (corrispondente al progetto di ricerca finanziato dal MIUR negli anni 1999-2000) a verifica dell'integrazione di simulatori industriali in ambiente distribuito, è stato infatti realizzato un nuovo modello dell'azienda Plyform, sottofornitore di Piaggio AeroIndustries. Il nuovo modello simula nel dettaglio il sistema produttivo e soprattutto le logiche gestionali adottate in Plyform, in termini di livelli di pianificazione delle attività, programmazione delle risorse e schedulazione delle singole attività. Per una descrizione dell'azienda si rimanda al precedente WILD Book pubblicato. La descrizione del modello è invece in parte qui sintetizzata, anche se per ragioni di spazio è stata privilegiata la descrizione delle scelte operative effettuate, piuttosto che del modello sviluppato.

Lo sviluppo del modello Plyform

Il modello Plyform è stato progettato sia per rispondere alle esigenze della ricerca (schedulazione della *supply chain*), sia per fornire ai responsabili di produzione dell'azienda uno strumento in grado di girare in modalità *stand alone* che possa essere di supporto alle decisioni di allocazione della produzione di lungo, medio e brevissimo orizzonte temporale. Per questo motivo, il modello di simulazione è stato progettato per poter connettersi direttamente a fogli Excel utilizzati dal responsabile dell'azienda per stendere la pianificazione di medio termine. Tale scelta di implementazione è stata fatta in seguito ad un'esigenza aziendale dimostrata, ritenendola in completa linea con gli orientamenti della ricerca, che si proponeva di utilizzare la simulazione proprio a supporto della schedulazione degli elementi di un sistema produttivo. In questo senso, sono stati considerati tutti gli elementi di variabilità del sistema reale, come clienti, giacenze, codici prodotto e risorse produttive. In tale strumento, la produzione destinata a Piaggio può essere alternativamente o simulata internamente, oppure, qualora il modello venga connesso alla federazione globale (si veda il successivo paragrafo), essere direttamente incorporata nel modello di simulazione. Il responsabile di produzione, in qualsiasi caso, può assistere allo sviluppo della simulazione grazie a delle schermate di controllo opportunamente progettate (figura a seguire).

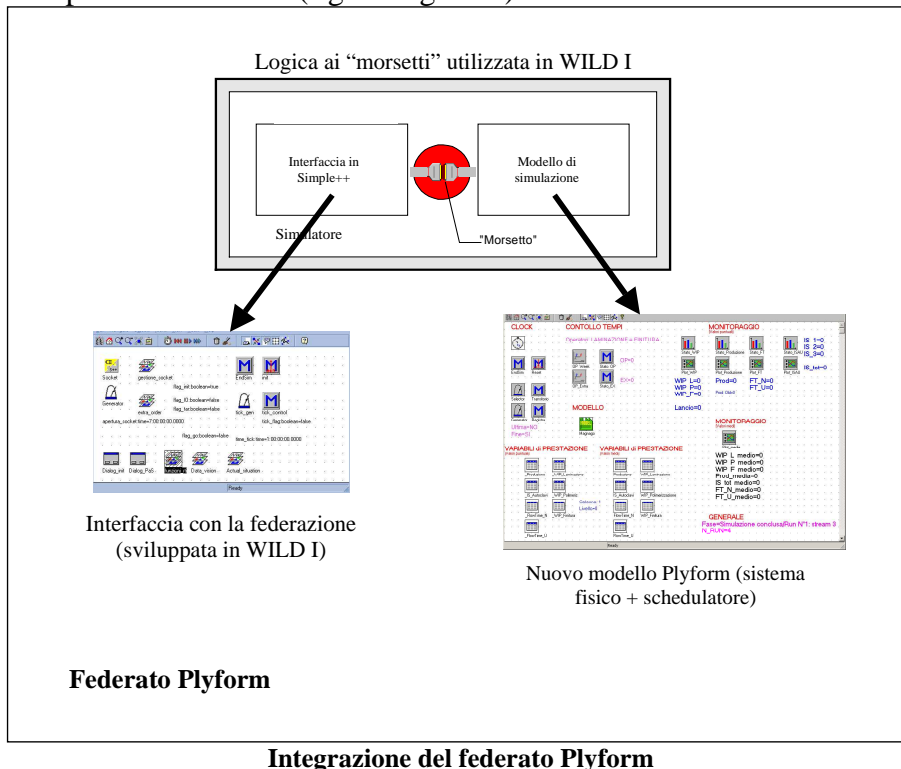
The screenshot shows a software window titled ".Plyform.Magnago.Portafoglio" with a menu bar (File, Edit, Format, Action, Settings, Extras, Help) and a toolbar. Below the toolbar is a data table with 19 rows and 16 columns. The columns are labeled as follows: string1, integer1, integer2, string3, string4, string5, string6, string7, integer8, string9, string10, string11, string12, string13, string14, string15, string16. The rows contain numerical and categorical data representing production parameters.

string1	integer1	integer2	string3	string4	string5	string6	string7	integer8	string9	string10	string11	string12	string13	string14	string15	string16
N. Ordine	N° OrdP	TIPO	STAMPO	N° STRATI	INSERTATURA	N° INSERTI	CICLO (°C)	PROC.	DURATA	DIMENS	RIFILATURA	INSERTA	INCOLLAG	VERNICIAT		
1	1	5	LAM. SOLIDO	Complesso	Basso	***	***	127	C	Lungo	CP	Rifilatura	***	***	Verniciatura	
2	2	7	LAM. SOLIDO	Semplice	Basso	***	***	127	C	Breve	CP	Rifilatura	Insertatura	Incollaggio	Verniciatura	
3	3	3	LAM. SOLIDO	Complesso	Basso	***	***	180	A	Lungo	CG	Rifilatura	***	Incollaggio	***	
4	4	3	SANDWICH	Semplice	***	SI inserti	<10	127	C	Lungo	CG	Rifilatura	Insertatura	***	Verniciatura	
5	5	14	LAM. SOLIDO	Complesso	Alto	***	***	127	C	Breve	CP	Rifilatura	Insertatura	Incollaggio	***	
6	6	4	SANDWICH	Complesso	***	SI inserti	<10	127	C	Lungo	CG	Rifilatura	***	***	***	
7	7	2	SANDWICH	Complesso	***	NO inserti	***	180	A	Lungo	CG	Rifilatura	***	Incollaggio	Verniciatura	
8	8	11	SANDWICH	Semplice	***	SI inserti	<10	60	B	Lungo	CP	Rifilatura	***	***	***	
9	9	6	LAM. SOLIDO	Semplice	Basso	***	***	127	C	Breve	LLP	Rifilatura	Insertatura	***	***	
10	10	2	SANDWICH	Complesso	***	NO inserti	***	127	C	Breve	CP	Rifilatura	***	***	Verniciatura	
11	11	2	SANDWICH	Complesso	***	NO inserti	***	180	A	Lungo	CP	Rifilatura	***	Incollaggio	***	
12	12	3	LAM. SOLIDO	Semplice	Alto	***	***	127	C	Lungo	LLP	Rifilatura	***	***	Verniciatura	
13	13	3	SANDWICH	Complesso	***	SI inserti	>10	127	C	Breve	LLP	Rifilatura	Insertatura	Incollaggio	Verniciatura	
14	14	6	LAM. SOLIDO	Complesso	Medio	***	***	127	C	Breve	CP	Rifilatura	Insertatura	***	Verniciatura	
15	15	5	SANDWICH	Complesso	***	NO inserti	***	180	A	Lungo	LLG	Rifilatura	***	***	Verniciatura	
16	16	3	LAM. SOLIDO	Complesso	Medio	***	***	127	C	Breve	CP	Rifilatura	***	***	***	
17	17	1	SANDWICH	Complesso	***	NO inserti	***	127	C	Breve	CP	Rifilatura	***	***	Verniciatura	
18	18	3	SANDWICH	Semplice	***	SI inserti	<10	180	A	Lungo	LLG	Rifilatura	***	Incollaggio	Verniciatura	
19	19	3	SANDWICH	Complesso	***	NO inserti	***	127	C	Lungo	CP	Rifilatura	Insertatura	Incollaggio	Verniciatura	

Tabella per il controllo della produzione simulata

Integrazione del modello Plyform nella federazione Piaggio

Il nuovo modello Plyform è stato integrato nella federazione base del progetto WILD, grazie alla logica ai morsetti con cui era stato sviluppato il precedente modello connesso alla federazione Piaggio tramite le specifiche in HLA (figura seguente).



Dato che da un'analisi approfondita dell'iterazione esistente tra Plyform e Piaggio si è constatato che le spedizioni dei materiali avvengono in maniera differente (attraverso camion dell'azienda) rispetto alle altre realtà simulate, per alcune delle quali si è provveduto a sviluppare le specifiche di interazione con un generale federato trasportatore (si veda il capitolo descrittivo all'interno del presente Book), si è deciso di non implementare nel federato Plyform tale sviluppo, ma ci si sono riconfermate le specifiche di interazione della federazione base. In questo senso, la simulazione della fase di trasporto tra Piaggio e Plyform rimane a carico del modello Plyform.

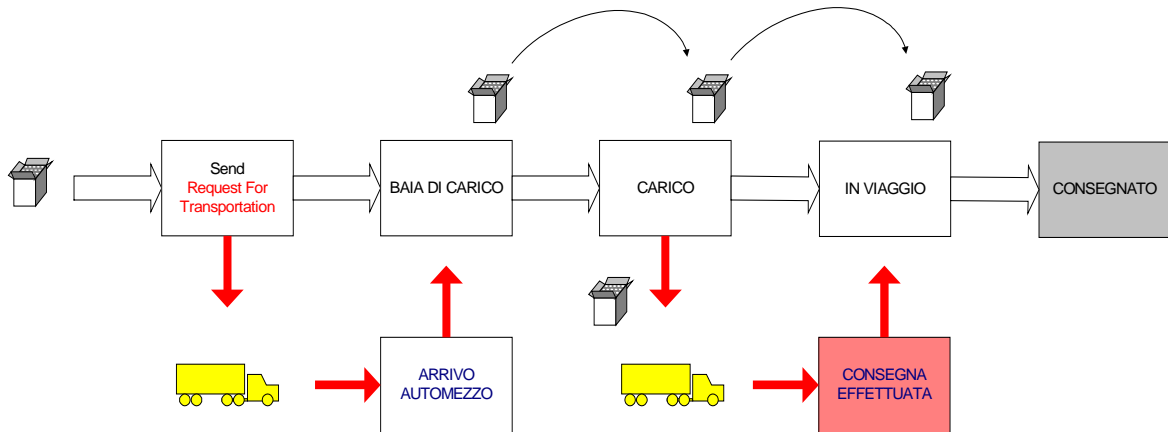
Tale scelta è stata altresì avvalorata dalle differenti modalità gestionali che Plyform possiede al proprio interno, non conformi alle generali specifiche di negoziazione proposte. Le peculiarità dell'azienda Plyform rispetto alle specifiche generali sono state pertanto risolte implementando all'interno del solo modello Plyform tali aspetti. Ad esempio, l'azienda Plyform mantiene dei rapporti di fornitura con il cliente Piaggio scomposti in ordini aperti a diversi livelli di urgenza. Tale concetto non è stato considerato nel modello generale di negoziazione della nuova federazione, ma è stato ritenuto rilevante per la situazione specifica Piaggio-Plyform. Per questo motivo, si è preferito ricostruire tale situazione direttamente nel modello Plyform, aggiungendo un campo di grado di urgenza agli ordini Piaggio.

Tale integrazione è stata consentita dall'uso dell'architettura HLA, che non obbliga in alcun modo i diversi federati, ma anzi, basandosi su un principio di modularità totale, permette una completa libera gestione degli oggetti e delle interazioni scambiati tra i federati.

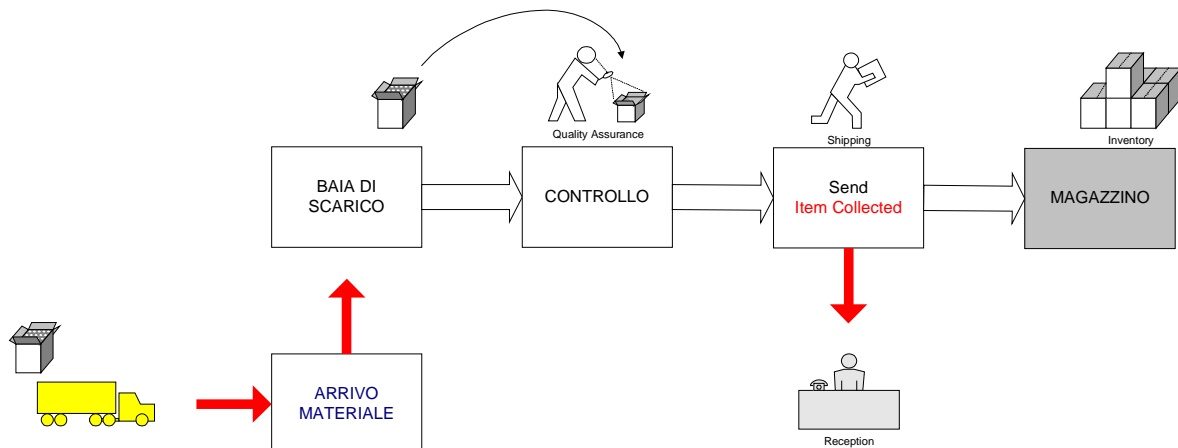
DIMEC, Università di Salerno

Il modello di simulazione sviluppato è predisposto per il collegamento con la federazione rappresentante la SC, attraverso un apposito modulo di interfaccia che consente di dialogare in rete per mezzo dell'architettura HLA. Lo sviluppo del "federato trasportatore" all'interno della catena di sub fornitura ha reso necessaria una ulteriore implementazione tesa a consentire l'invio e la

ricezione dei materiali attraverso il suddetto operatore logistico. Tale implementazione illustrata nelle figure seguenti consente il controllo della merce fino alla consegna “fisica” nella mani del cliente da parte del fornitore ed una più corretta rappresentazione della realtà da parte del complesso dei modelli di simulazione. I meccanismi illustrati sono stati implementati all’interno del modello sviluppato in Arena 5.0.



Schema logico per la consegna dei Prodotti Finiti alla SC



Schema logico per il ricevimento delle Materie Prime dalla SC

UTILIZZO ED ANALISI DEI RISULTATI

DIP, Università di Genova

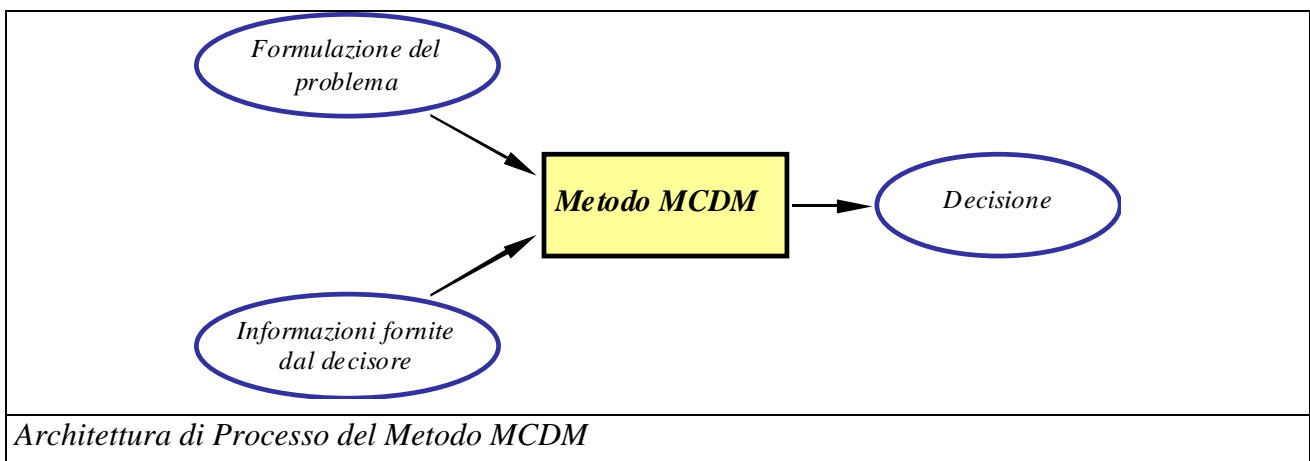
Una delle principali utilizzazioni di un’architettura come WILD è quella di supportare il processo gestionale di decisione fornendo uno strumento in grado di valutare quantitativamente le alternative di scelta possibile. Tale processo è reso, tuttavia, particolarmente complicato dalla presenza di obiettivi multipli e spesso in contrasto tra loro, a tal proposito il DIP dell’Università di Genova ha deciso di utilizzare il metodo MCDM (*Multi Criteria Decision Making*) mediante l’ausilio informatico del software *V.I.S.A.* realizzato ad hoc per supportare questo tipo di analisi.

L’approccio a questo metodo di valutazione si è sviluppato mediante l’individuazione di una struttura di preferenza caratterizzata da un set di punteggi assegnati sulla base delle *performances* di ogni opzione considerata. Lo strumento proposto consente, inoltre, di condurre anche un’analisi di sensitività sulle soluzioni proposte. La presenza infatti di incertezza stocastica nel sistema rende indispensabile il collegare ogni scelta ad un opportuno range di variabilità delle condizioni al contorno in maniera da rendere il risultato atteso il più stabile possibile. In questa fase, il software *V.I.S.A.* ha permesso di sviluppare il processo di analisi in maniera interattiva in quanto è stato possibile variare frequentemente i parametri di input al modello per poter scegliere quelli più

realistici rispetto al contesto aziendale. L'utilizzazione dello strumento simulativi all'interno di WILD consente di caratterizzare in maniera opportuna il processo stocastico.

Analisi Multicriterio

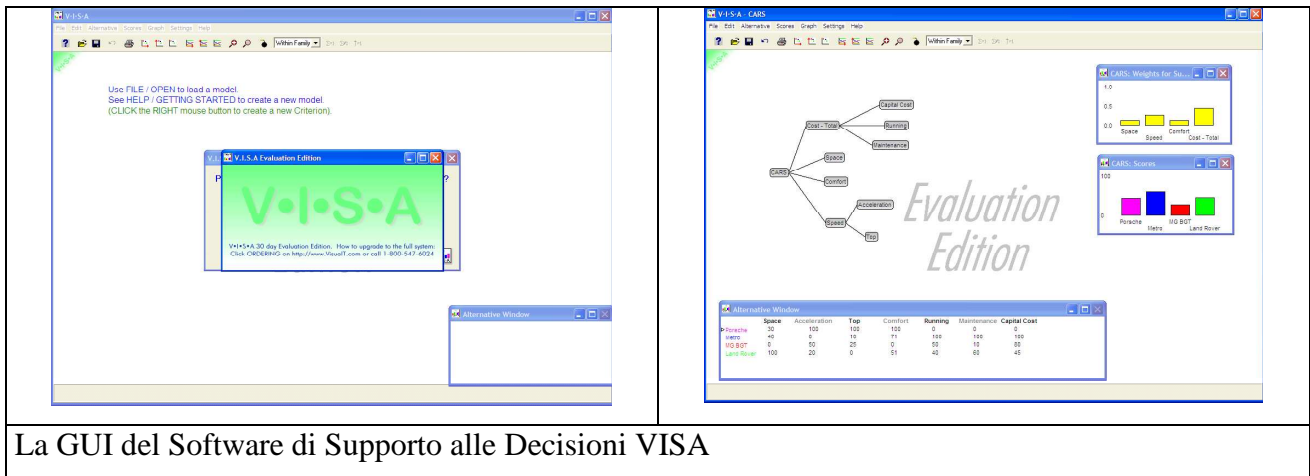
L'*analisi multi-criterio* è un metodo di valutazione non monetaria che consiste nella formulazione di un giudizio di convenienza in funzione di più criteri di riferimento che possono essere esaminati in maniera autonoma o interattiva. Essa si può applicare in alternativa alla analisi costi-benefici, tecnica di valutazione monocriteriale che esprime il giudizio di convenienza in funzione di un solo criterio, costituito dalla differenza tra il complesso dei vantaggi ed il complesso degli svantaggi peraltro misurabili monetariamente che caratterizzano l'oggetto di analisi. Spesso, però, la contingenza di dover affrontare decisioni complesse, implica la valutazione economica degli interventi da realizzare in funzione di più obiettivi, ai quali spesso non viene attribuita la stessa rilevanza. La tecnica di analisi multi-criterio ha come scopo la razionalizzazione del processo decisionale del *decision maker* attraverso l'ottimizzazione di un vettore di più criteri pesati secondo le *priorities* da questo dichiarate. In questo modo vengono superati i problemi e le difficoltà che spesso hanno portato a considerare l'analisi costi-benefici più come una semplice, anche se utile, raccolta di informazioni integrative rispetto a quelle già acquisite, ma di corollario alla decisione, piuttosto che come una vera e propria tecnica di valutazione finalizzata all'assunzione di decisioni. Infatti l'analisi multi-criterio è in grado di abbracciare in un unico procedimento valutativo sia i criteri di carattere economico monetizzabili sia i criteri extra economici misurabili solo in termini fisici o qualitativi, offrendo una griglia metodologica più realistica, grazie al notevole contributo apportato da settori di ricerca di recente sviluppo, quali la teoria degli insiemi, l'algebra matriciale e l'informatica. Uno schema logico del metodo MCDM (*Multi Criteria Decision Making*) è proposto nella figura che segue esso evidenzia quali siano gli input che esso richiede per poter essere applicato, ossia una formulazione accurata del problema ed informazioni riguardanti le priorità che il decisore ritiene debbano essere assegnate ai criteri di valutazione.



Il supporto informatico utilizzato per la valutazione complessiva delle *performances* delle varie alternative identificate in sede di analisi del problema è il software V.I.S.A. che è acronimo di *Visual Interactive Sensitivity Analysis*, realizzato ad hoc per supportare questo tipo di analisi. Una peculiarità del processo proposto, è l'immediatezza con cui può essere effettuata una analisi di sensitività che permette al decision maker di individuare le implicazioni conseguenti alla variazione delle priorità associate ai criteri di valutazione ed alla quantificazione numerica delle prestazioni. L'approccio proposto ha come riferimento il processo decisionale stesso e, come tale, ne segue i passi procedurali che peraltro verranno descritti nel paragrafo successivo.

Il metodo proposto non è stato progettato per indicare con precisione la decisione da intraprendere ma come supporto al processo di decisione; i risultati che si evincono da una analisi condotta mediante l'uso di questo software devono essere interpretati e valutati dal decision maker in

relazione ai pesi associati ai criteri di valutazione scelti ed agli obiettivi che si intendono raggiungere.



La GUI del Software di Supporto alle Decisioni VISA

Come si può notare in figura l'approccio proposto, permette la costruzione di un albero gerarchico che si può facilmente modificare con l'utilizzo del mouse e la cui complessità può essere aumentata illimitatamente (es. introduzione di valutazioni costi – benefici con individuazione delle differenti sorgenti di costo). Inoltre, è possibile un inserimento interattivo dei punteggi e dei pesi assegnati ai criteri dell'albero ed una visualizzazione dei profili di preferenza delle alternative ad ogni livello gerarchico. Punto di forza del software è la visualizzazione immediata degli effetti di un qualsiasi cambiamento su tutti i grafici impostati per l'analisi di sensitività.

I passi procedurali del decision making

Gli step che caratterizzano una analisi multi-criterio ossia, la scelta di una azione tra un insieme di alternative ammissibili effettuata sulla base di due o più criteri, si possono schematizzare come in figura che segue.

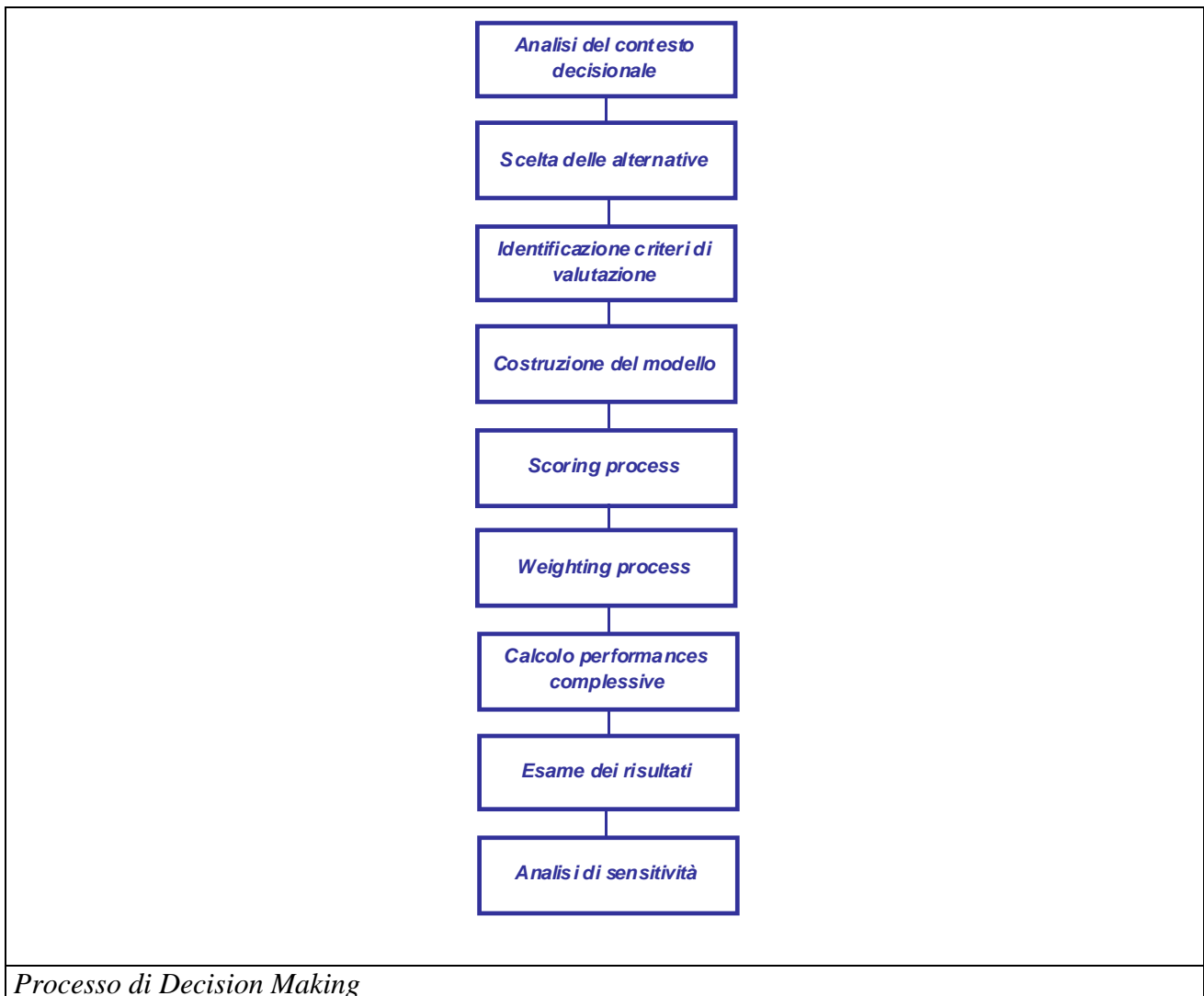
Il primo passo consiste nella identificazione del contesto aziendale in cui la decisione deve essere affrontata, dei relativi decision makers ossia di coloro che hanno il compito di valutare la fattibilità economica delle alternative in esame e delle persone che saranno direttamente interessate dai cambiamenti conseguenti alle decisioni intraprese. In questa fase è di fondamentale importanza identificare in modo chiaro gli obiettivi da raggiungere con l'applicazione delle alternative.

La seconda fase consiste nella scelta delle alternative da mettere in competizione nel modello di decisione, ad ognuna delle quali saranno associati dei criteri opportunamente definiti in relazione al contesto aziendale. Inoltre, a questo livello vengono chiarificate le differenze e le analogie che contraddistinguono le alternative stesse.

La terza fase del processo decisionale è di fondamentale importanza poiché in essa è necessario identificare i criteri attraverso i quali le alternative verranno valutate.

Gran parte del valore aggiunto apportato da un' analisi multi-criterio deriva da una scelta oculata dei criteri di valutazione poiché essi sono strettamente connessi agli obiettivi auspicabili per le diverse alternative. Attraverso ogni criterio viene misurata una performance ritenuta importante da giudicare che diventa successivamente un obiettivo da raggiungere.

Le ragioni per cui viene effettuata una operazione di *clustering* dei criteri sono svariate, ma le più rilevanti sono quelle di facilitare la verifica della consistenza dei criteri scelti al problema in esame, di velocizzare il calcolo dei pesi da assegnare ad ognuno di essi e di rendere più semplice la focalizzazione di *trade-offs* tra obiettivi chiave ai vari livelli di raggruppamento.



La definizione dei criteri di valutazione porta direttamente alla quarta fase nel processo di decision-making, ossia alla costruzione del modello rappresentato mediante un albero gerarchico (*hierarchical tree*) costituito da più livelli di raggruppamento dei criteri.

Generalmente, un albero gerarchico viene valutato secondo alcune caratteristiche quali ad esempio la completezza, la dimensione, l'indipendenza e l'unicità dei criteri.

La completezza viene raggiunta quando tutti i criteri più importanti sono stati inclusi nell'albero, concetto non sempre chiaro dall'inizio della trattazione poiché difficilmente si riescono ad individuare tutti i criteri più importanti.

Inoltre, è preferibile che il modello in esame non sia costituito da un numero eccessivo di criteri poiché questo porterebbe a difficoltà notevoli nel processo di assegnazione delle preferenze, ossia dei punteggi, ai vari criteri e nell'analisi dei risultati finali.

L'indipendenza dei criteri è basata sul principio che debba essere possibile assegnare gli *scores* ad ogni criterio per ogni alternativa presente senza conoscere le preferenze assegnate agli altri criteri.

Se questa condizione è rispettata per tutti i criteri, la proprietà di indipendenza è verificata.

Per quanto riguarda l'unicità dei criteri, spesso coloro che elaborano l'albero gerarchico tendono ad inserire più volte lo stesso criterio soprattutto nella valutazione dei benefici.

Se questo accade, i risultati che si ottengono dall'analisi non sono veritieri e possono inficiare anche la decisione finale poiché ad alcuni criteri sarebbe assegnato un peso superiore a quello reale.

Alcuni dei criteri di valutazione scelti, quali ad esempio costi e benefici, sono in contrasto tra di loro e possono generare trade-offs nell'assunzione della decisione finale; essi si verificano generalmente nella parte più alta dell'albero gerarchico e portano il decision maker ad accettare una

compensazione tra due attributi, ossia ad accettare la possibilità nella valutazione di un'alternativa di compensare un valore non performante di un attributo con un valore più performante di un altro attributo.

La quinta fase di questo processo consiste nell'assegnazione di un punteggio di preferenza ad ogni criterio in corrispondenza delle varie alternative.

La procedura di *scoring* viene realizzata per dare un valore numerico che possa esprimere la preferenza di un'alternativa rispetto ad un'altra in riferimento ad un criterio e, allo stesso tempo, valutare le performances e le conseguenze derivanti dal diretto utilizzo delle opzioni in esame.

Il punteggio è determinante quando, a parità di valore in termini di performance, una opzione è preferita ad un'altra perché più frequente.

L'assegnazione di un peso ad ogni criterio è la fase successiva allo scoring process e riflette sia la differenza tra le alternative sia il grado di importanza con cui essa incide.

Anche il peso, come il punteggio, è fondamentale nella valutazione globale delle alternative e viene valutato in seguito ad un processo di brainstorming tra i componenti di un gruppo.

L'approccio generale al MCDM consiste nell'utilizzo di informazioni note quali dati reali che possano facilitare il metodo di assegnazione di pesi e punteggi e dei giudizi espressi dal decisore ovvero aiutare il decisore a scegliere quell'alternativa maggiormente coerente con la sua *struttura di preferenza*.

La fase successiva prevede il calcolo del punteggio delle alternative ad ogni livello dell'albero decisionale e quindi semplicemente la combinazione dei punteggi e dei pesi assegnati mediante una somma pesata.

La teoria del MCDM evidenzia come il calcolo della suddetta somma sia giustificato solo nel caso in cui sia rispettata una condizione, ossia che tutti i criteri siano mutuamente indipendenti.

Questo significa che, come precedentemente affermato, i punteggi devono poter essere assegnati a tutte le opzioni anche senza conoscere i punteggi di altri criteri, anche se è ammesso che alcuni di essi possano essere correlati nella realtà.

Nel caso in cui questa regola non sia rispettata, risulta conveniente fondere più attributi in uno unico che abbia le stesse caratteristiche.

L'esame dei risultati viene eseguito mediante l'analisi del punteggio totale raggiunto dalle varie alternative; esso fornisce in prima istanza una indicazione di quanto una opzione sia migliore di un'altra ed in secondo luogo, permette di quantificare i benefici ottenibili dalla scelta di una alternativa piuttosto che di un'altra.

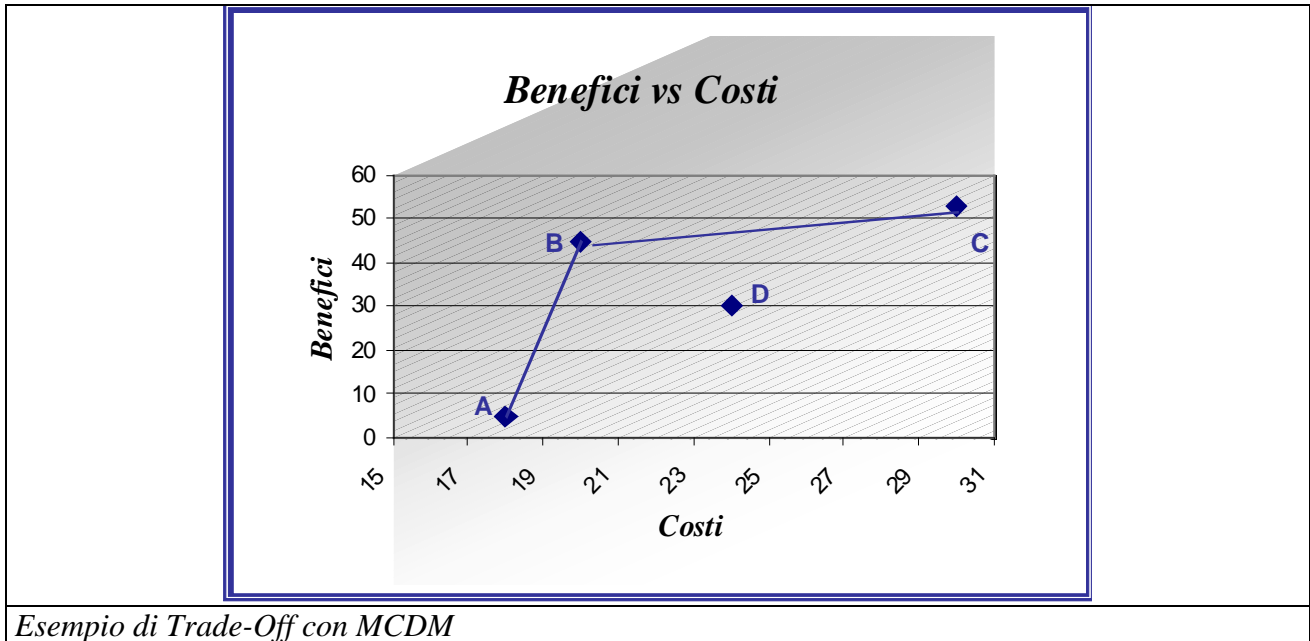
Un modo utile per rappresentare i risultati complessivi è quello di spostarsi ad un livello gerarchico inferiore sull'albero decisionale e costruire un grafico in due dimensioni in cui sui due assi siano presenti gli scores corrispondenti a due criteri diversi.

Se i criteri sottostanti al punto più alto dell'albero sono costi e benefici, il grafico è particolarmente interessante poiché tra le alternative rappresentate è possibile scegliere quella dominante, ossia quella che apporta i maggiori benefici al minor costo, ed avere una visione complessiva della situazione di tutte le alternative.

Esempio di Approccio MCDM

Un esempio di rappresentazione grafica è presentato nella figura che segue in cui si distinguono quattro possibili alternative (A-B-C-D) ognuna delle quali è caratterizzata da un punteggio ottenuto per i costi ed uno per i benefici. Dall'analisi del presente grafico si deduce che l'alternativa B, se confrontata con l'alternativa a costo minore A, apporta un cospicuo incremento di benefici ad un extra-costi irrisorio.

D'altra parte, l'extra-beneficio apportato da C non è rilevante se paragonato all'aumento dei costi che esso comporta.



L'opzione D è invece completamente dominata dalle altre quindi non merita di essere analizzata.

L'ultimo step da eseguire nel processo di decision making è *l'analisi di sensitività* che permette di esaminare fino a che punto le incertezze nell'assegnazione dei parametri di input al modello possano influire sui risultati finali.

Attraverso questa analisi è possibile modificare il valore assegnato ai punteggi e quindi la struttura di preferenza del decisore ed allo stesso modo cambiare i pesi assegnati ai vari criteri ed esaminare i cambiamenti conseguenti all'interno della *ranking list*, ossia dell'ordinamento delle alternative nella lista delle preferenze.

Solitamente, due alternative risultano essere le migliori nelle condizioni iniziali e, successivamente ad un cambiamento nei parametri di input, può cambiare il loro ordinamento.

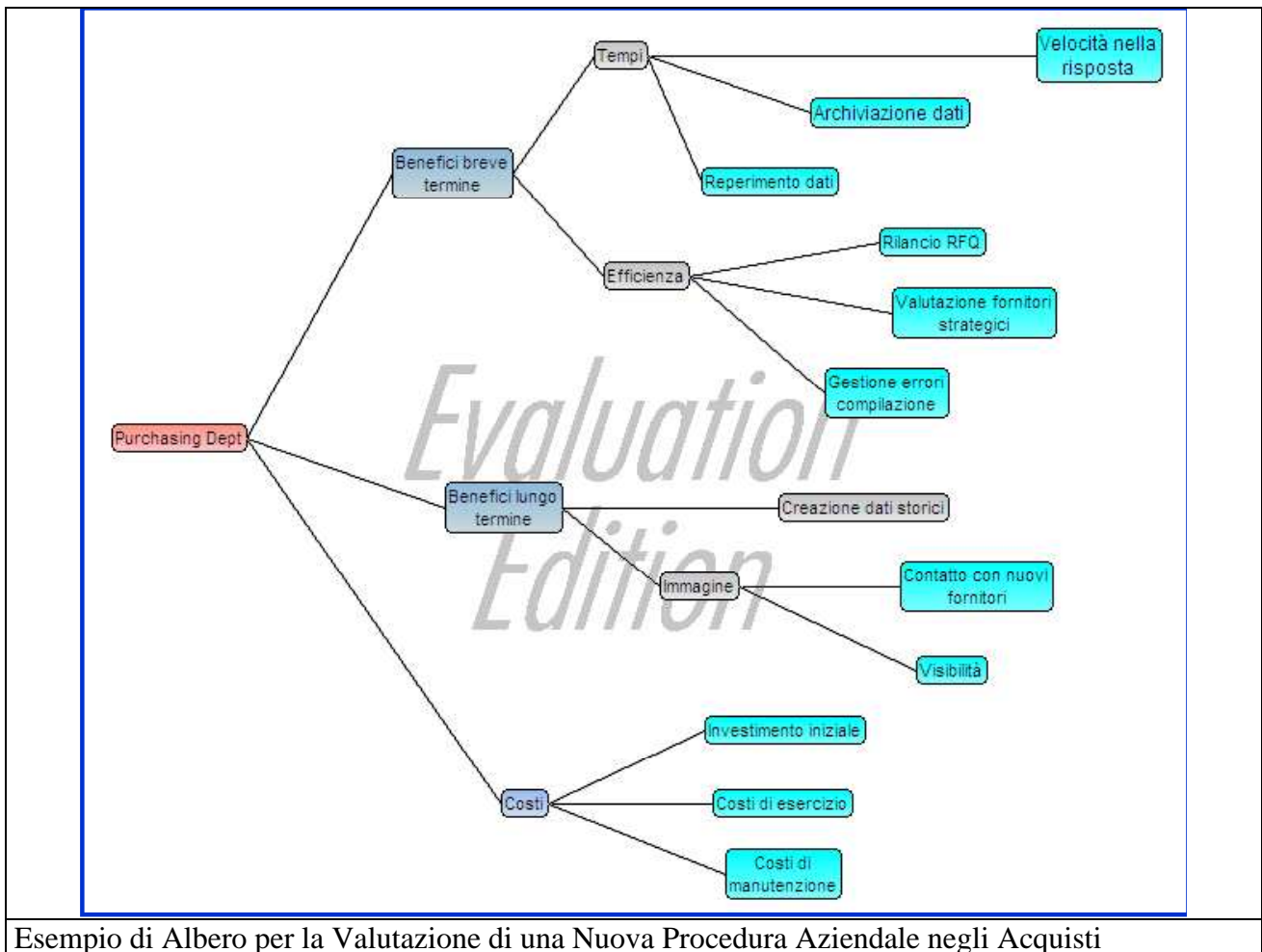
Se le differenze tra queste due opzioni sono minime anche dopo aver modificato pesi o punteggi, accettare la seconda migliore alternativa significherebbe rinunciare a pochi benefici in cambio magari di minori costi.

L'analisi di sensitività è utile anche per risolvere contrasti tra i membri di un gruppo per quanto riguarda l'assegnazione degli input al modello e può potenzialmente facilitare il processo di miglioramento delle alternative in esame.

L'applicazione pratica della metodologia proposta consente di poter identificare un albero di criteri di scelta attraverso il quale valutare la simulazione degli effetti di una strategia.

Tale approccio risulta particolarmente efficace nella definizione strategica dei rapporti tra gli attori della supply chain potendo (es. analisi Make or Buy, valutazione tra differenti supplier, impatto di una nuova procedura gestionale, ecc.) ma anche fornire risposte tattico-operative a problemi contingenti, ad esempio, fornire una valutazione dell'opportunità di accettare o rifiutare una rinegoziazione di una data di consegna.

I modelli di simulazione sviluppati permettono di definire con il desiderato livello di dettaglio le prestazioni dei federati cui sono associati. In particolare il modello di simulazione sviluppato per la OMA S.p.A. consente di stimare le misure di prestazione rappresentative del sistema di produzione quali work in progress, tempo di attraversamento, saturazione delle risorse, e soprattutto le misure relative alla evasione degli ordini di produzione ed il livello di servizio (makespan, lateness, tardiness) grazie alla immediata percezione dell'evasione dei singoli ordini mediante l'emissione in federazione dei messaggi corrispondenti. Tale possibilità consente al main contractor di verificare l'entità attesa dei ritardi conseguenti l'adozione di un dato piano di produzione e l'effetto di tali ritardi sulla intera supply chain individuando i federati critici e potendo verificare mediante successivi run di simulazione l'efficacia di strategie alternative.



DE, Università de L'Aquila

Tali strategie sono state implementate mediante meccanismi di negoziazione, al fine di sviluppare in accordo con i subcontractor i singoli piani di produzione atti a soddisfare i vincoli di tempi e costi di consegna, e mediante l'azione sulle leve gestionali dei singoli sistemi produttivi: outsourcing, ricorso allo straordinario, variazione di capacità ecc.

Analoghe considerazioni possono farsi per i modelli di simulazione del federato carrier, il cui scopo è innanzitutto quello di verificare l'impatto sulla supply chain dell'utilizzo dei vettori commerciali per la distribuzione fisica delle merci.

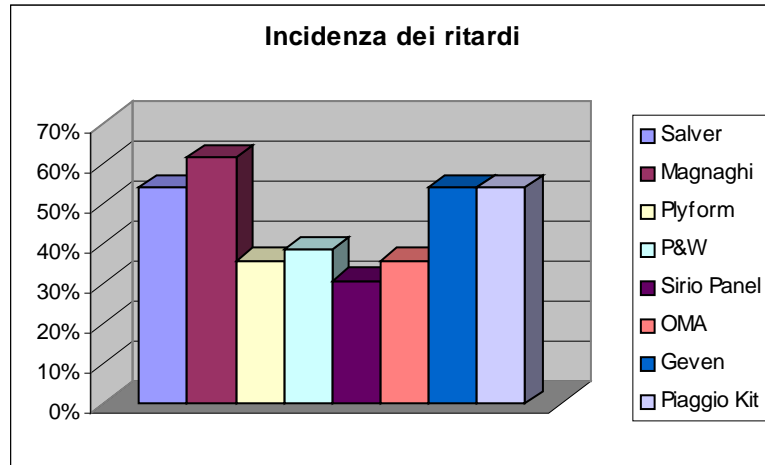
Dal punto di vista del singolo trasportatore invece il modello si presta, come già verificato in sede sperimentale, da una parte alla verifica delle regole gestionali per l'erogazione del servizio, mediante la modifica delle regole euristiche e dei criteri di priorità che sovrintendono alla aggregazione e schedulazione delle consegne e dei prelievi, e dall'altro ad effettuare agevolmente le analisi di capacità per il dimensionamento ottimale del servizio.

Infatti agendo sulle leve di capacità del sistema è possibile valutare il numero e la tipologia di autoveicoli necessari a soddisfare determinati livelli di servizio assegnato il carico di lavoro, oppure valutare il miglioramento delle prestazioni del sistema all'aumentare delle risorse disponibili.

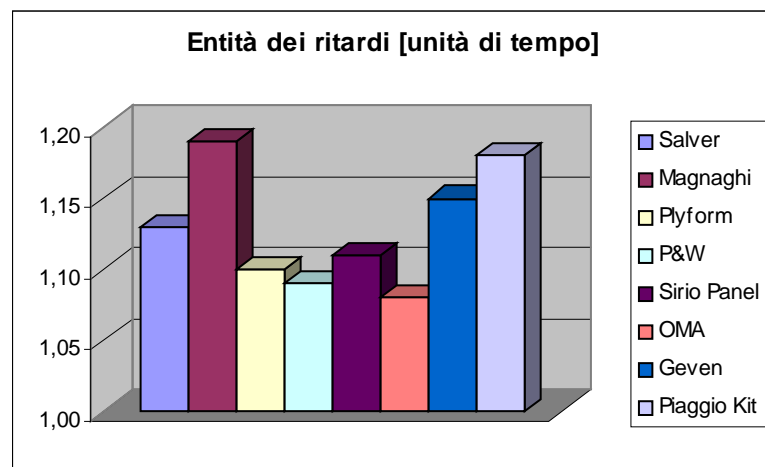
Entrambe queste possibilità rendono lo strumento sviluppato un valido supporto al decision making ed alla stima delle prestazioni in supply chain complesse.

DIMEG, Politecnico di Bari

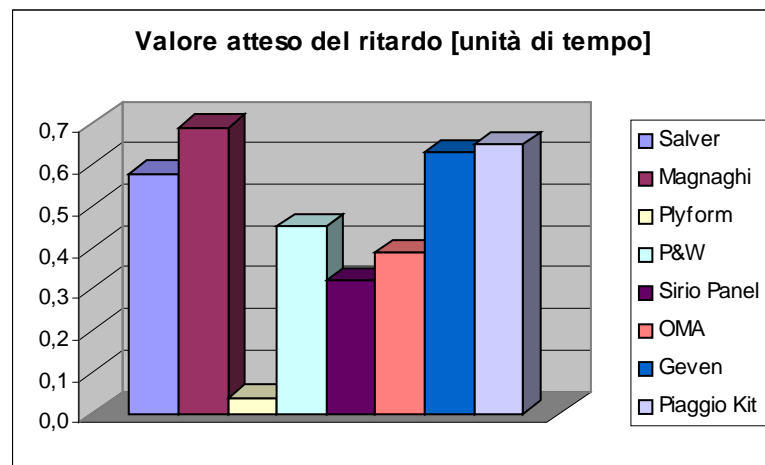
In fase di test del modello, i processi produttivi dei subcontractor sono stati riprodotti all'interno del simulatore del sistema di trasporto come processi di generazione delle unità in coda. In figura sono proposti i risultati ottenuti con riferimento all'effettuazione di tutti i trasporti con un solo mezzo.



Incidenza dei ritardi per fornitore



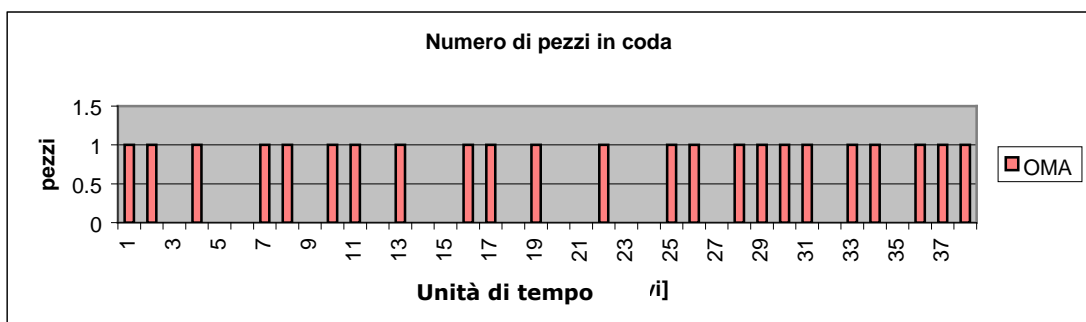
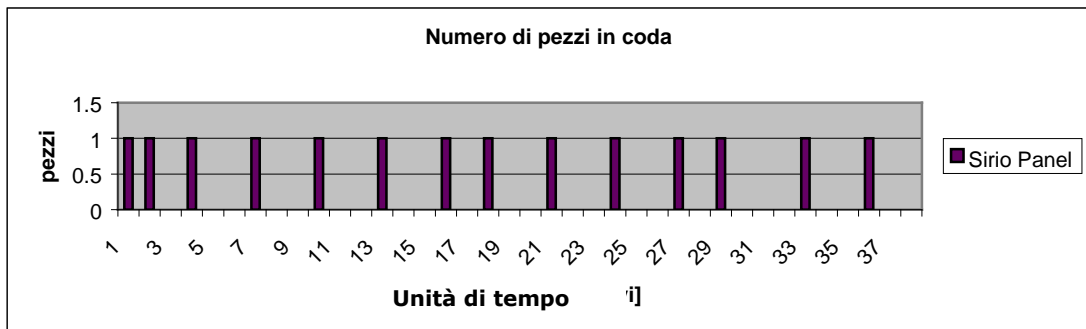
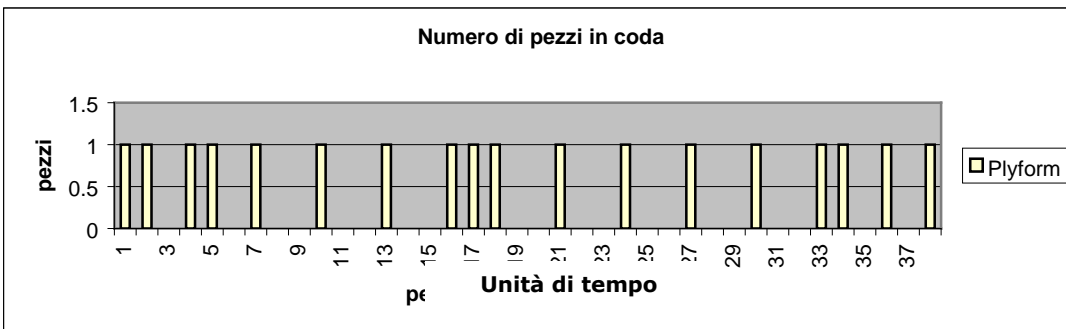
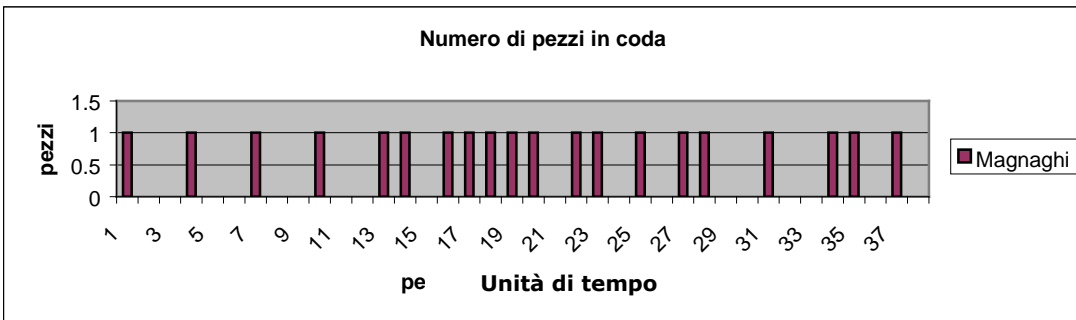
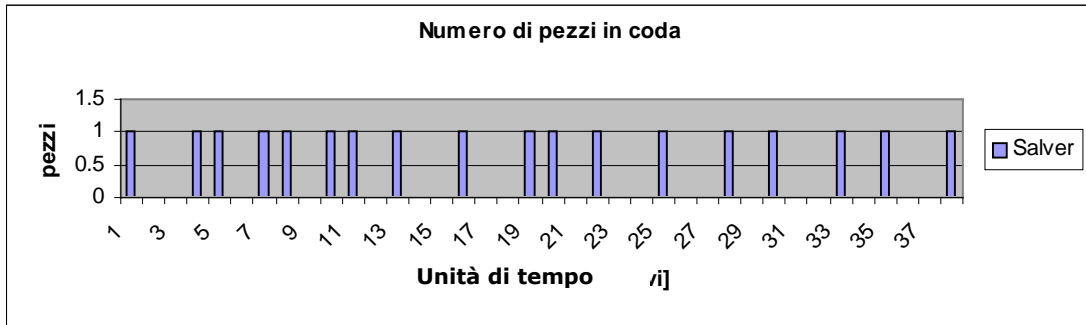
Entità dei ritardi per fornitore

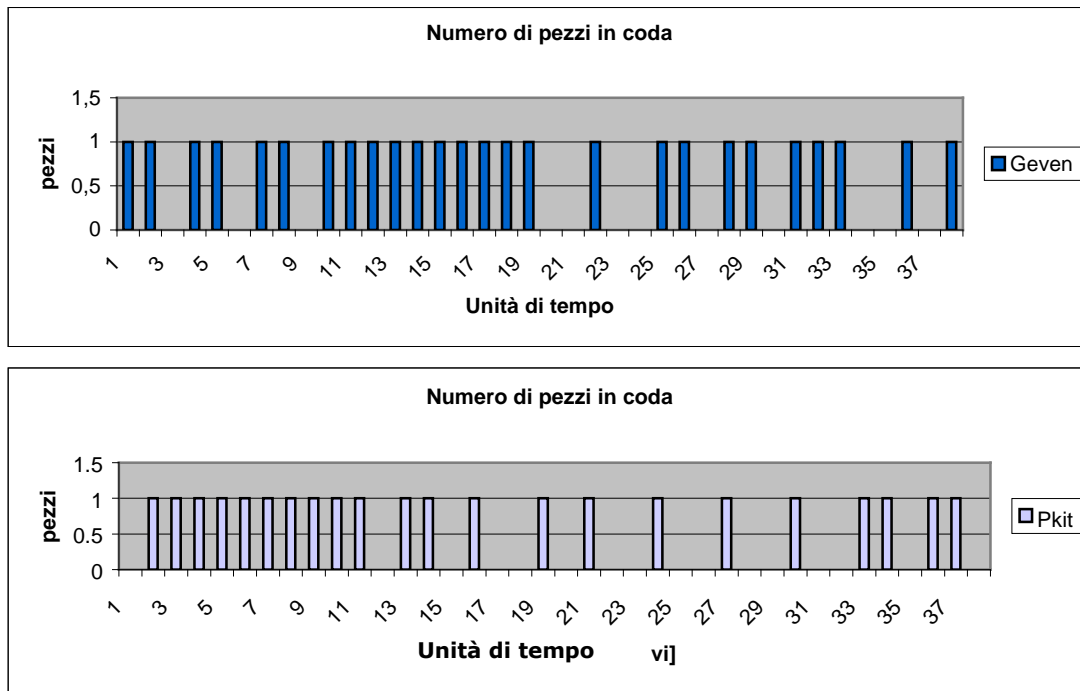


Valore atteso del ritardo per fornitore

Validation test

Il modello di simulazione ha consentito la validazione dell’algoritmo di gestione dei trasporti che esso implementa. In figura sono proposti i risultati di un generico run di simulazione: si è indicato il numero di componenti di ciascun tipo presenti in coda in ciascuna unità di tempo. Si osserva che non vi è mai richiesta di trasporto per più di componente del medesimo tipo; la priorità assegnata ai pezzi con Due date minore è sufficiente ad assicurare che ciascun pezzo sia consegnato prima che sia pronto il pezzo con ID successivo.





Numero di componenti di ciascun tipo presenti in coda

In tabella sono riportati per ciascun fornitore il valore medio del parametro “T-Due date” ed il Transport time. Si riscontra che i fornitori che accusano minori ritardi sono quelli che richiedono il trasporto con maggiore anticipo (agli antipodi si trovano Sirio Panel e Magnaghi); a parità di anticipo di richiesta di trasporto, sono penalizzati quelli con Transport time più elevato (vd. Plyform e Geven).

	Anticipo richiesta Trasporto	Transport time
Salver	0.66	2
Magnaghi	0.37	2
Plyform	0.77	2
P&W	0.64	1
Sirio Panel	0.88	1
OMA	0.8	1
Geven	0.75	1
Piaggio Kit	0.61	2

Valori dei parametri impiegati per l’assegnazione dei trasporti

DE “Sergio Stecco” – Sezione Impianti e Tecnologie, Università di Firenze

La volontà di creare uno strumento di simulazione generale per l’analisi di sistemi produttivi, nel contesto del SCM, ha concentrato gli sforzi sulle problematiche generali, piuttosto che sulla rappresentazione della realtà del federato della SC di Piaggio Areonautica. In tutto il lavoro si è cercato di prescindere dalle peculiarità del case study, facendovi riferimento solo per la distinta base del prodotto. Il risultato di maggior valore raggiunto dalla sede di Firenze grazie alla partecipazione al progetto di ricerca, consiste pertanto nell’aver sviluppato una metodologia per rendere HLA compliant dei simulatori COTS quali SIMPLE++, ARENA e altri simulatori che possiedono come feature per l’IPC la possibilità di comunicare via socket. Questo è stato raggiunto tramite lo sviluppo del JAVA Proxy.

Relativamente a SIMPLE++, si dispone di un frame generale per rendere un qualunque modello nativo interfacciabile a una federazione HLA. Per questo, sono stati definiti gli standard minimi per la partecipazione ad un modello di simulazione distribuita per l’analisi prestazionale di SC. In

particolare si sono fissati i vari tipi di comunicazione con cui i federati si scambiano le informazioni nonché gli attributi da trasmettere tramite questi messaggi. È stata definita l'architettura del modello, ricorrendo al protocollo RTI che assicura una corretta gestione dello scambio delle informazioni e dell'avanzamento del tempo; E' stato realizzato un modello generale, per la simulazione di un sistema produttivo. Si tratta di un modello a capacità finita, con vari livelli di capacità massima (modificabili tramite l'attivazione di leve gestionali attive), che gestisce la produzione con la tecnica del LTO, secondo una logica backschedule (al più tardi).

CONVALIDA DELLA FEDERAZIONE

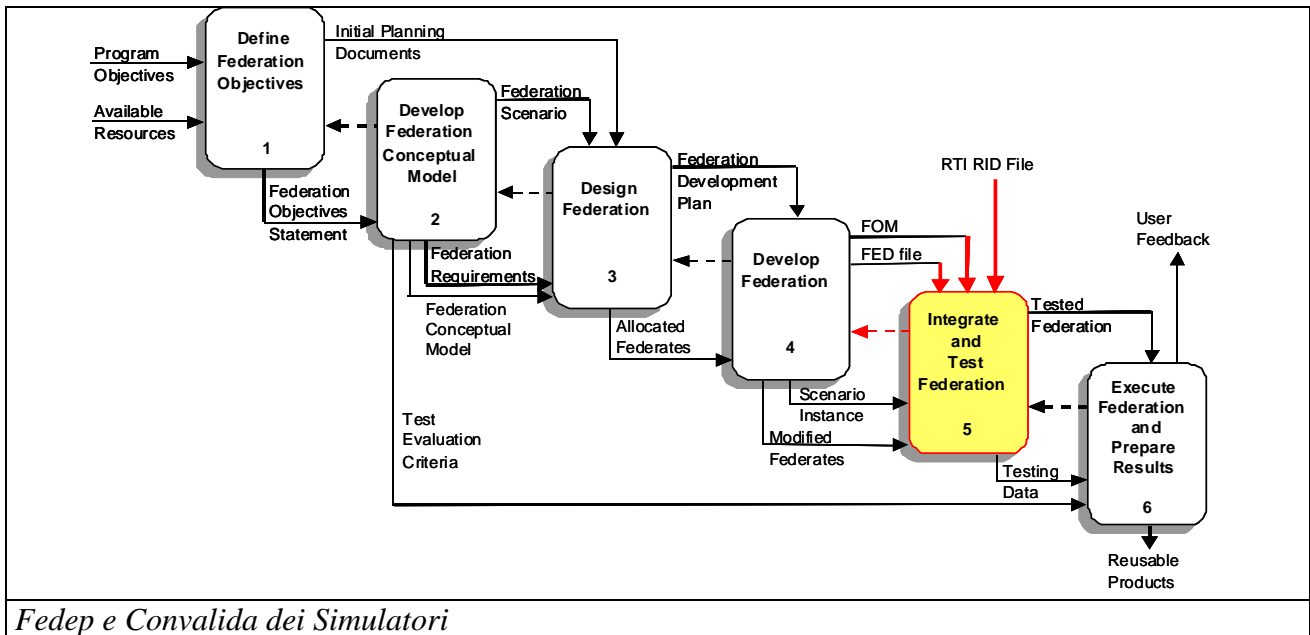
DIP, Università di Genova

La gestione della convalida della federazione è una fase particolarmente critica dello sviluppo della metodologia proposta in quanto richiede che venga verificata e valicata non solo la logica funzionale dei modelli di simulazione-pianificazione coinvolti ma anche la loro interazione. La simulazione distribuita è infatti caratterizzata da un forte livello di non linearità tale da rendere impossibile l'applicazioni di tecniche di sovrapposizione degli effetti. La convalida allora dei singoli federati deve essere, dunque, il prerequisito indispensabile per la effettiva validazione della federazione nel suo complesso.

Come è facile vedere dal processo di sviluppo della federazione, adottando il Fedep (Federation Development Process) la fase di convalida della federazione si svolge in parallelo alla fase di integrazione risultando questa particolarmente sensibile ai continui feedback dalle attività di testing. Molto spesso, infatti, le scelte intraprese nella fase preliminare di sviluppo (punti 2 e 3 del Fedep) possono comportare numerose difficoltà in fase di pratica integrazione. Ad esempio una gestione dei processi simulativi multithread fatta in fase di design della federazione può comportare seri problemi nella gestione degli aggiornamenti al run time risultando di fatto un ostacolo al successo del progetto. In tale ottica non è pensabile adottare la strategia completamente top-down di molti approcci modellativi (es. definizione ontologie, definizione specifiche, implementazione) in quanto il costo derivante dal dover spesso riprogettare l'intero codice non risulterebbe compatibile con i principali budget di progetto. Occorre invece rivolgere la propria attenzione ad una strategia di tipo XP (EXtreme Programing) nel quale la centralità delle prove di test sullo sviluppo del codice sia in grado di guidare correttamente lo sviluppo.

La pratica infatti di aver risorse di programmazione già nella fase di stesura delle specifiche ed il procedere per obiettivi facilmente testabili risulta di fatto l'unica possibile in uno scenario di implementazione così complesso come quello della simulazione distribuita. L'esperienza accumulata dal gruppo di ricerca del DIP ha dimostrato ampiamente come nel passaggio dalle specifiche funzionali al codice in esecuzione la mole di test e di modifiche al codice ed al modello stesso sia tale da rendere il controllo su questa fase particolarmente delicato.

Le tecniche e le metodologie impiegate per la verifica e validazione dell'implementazione effettuata sono dunque riassumibili nello schema che segue.



Il controllo formale degli algoritmi: in tale fase si è verificato in maniera formale e critica che dal punto di vista concettuale gli algoritmi e le logiche del modello (to be) fossero coerenti e consistenti, questo controllo si è avvalso di revisioni periodiche, auditing interno e di face-validation.

Il controllo sostanziale degli algoritmi: attraverso l'utilizzo di strumenti software quali Microsoft VISO™ si è provveduto a formalizzare le logiche e successivamente si è proceduto con il loro controllo sostanziale attraverso l'uso del simulatore SimLogic™ sviluppato dalla Orlando Software Group. Inc. Tale strumento consente di valutare il flusso logico delle informazioni mediante un approccio visuale permettendo di identificare in maniera immediata eventuali deadlock o inconsistenze.

I test sull'implementazione dei moduli: durante l'implementazione sono stati eseguiti i test previsti per la verifica della correttezza dell'implementazione con particolare riguardo alle verifiche di funzionamento e correttezza delle logiche implementate (actuals); le tecniche di conduzione di tale fase sono state: debugging policy, test runs, output report generation & analysis.

I test sull'implementazione delle logiche trans-federati: in questa fase sono state verificate le logiche di funzionamento della federazione mediante una verifica dei file di log dei simulatori federati e l'utilizzo dell'interfaccia grafica. Questa metodologia di verifica e, successivamente, valutazione è stata condotta dapprima step by step con l'ausilio del Test Federate verificando le azioni e le risposte del federato alle sollecitazioni esterne. Successivamente si sono via via integrati i veri federati nella federazione ed i test sono stati ripetuti al fine di assicurare il corretto funzionamento dei vari moduli costituenti. Le tecniche utilizzate sono state le stesse impiegate per il punto precedente.

Per la fase di verifica e convalida dei modelli sviluppati il gruppo di ricerca del DIP ha impiegato la base dati disponibile a seguito del precedente progetto di ricerca "Gestione integrata di sistemi produttivi interagenti: metodi quantitativi avanzati per la quick response" integrata con i dati aggiuntivi per i sistemi di modellazione del trasporto fisico (Simulatore CARRIER) e di negoziazione (Simulatore – Pianificatore RR_HLA). In entrambi i casi i dati integrati sono stati tratti dalla più recente letteratura in materia e da banche dati specializzate disponibili on-line (es. 'www.viamichelin.com' per i dati del GIS).

DE, Università de L'Aquila

L'Università dell'Aquila ha partecipato alle fasi di convalida della federazione secondo due distinte modalità: l'esecuzione di test su rete locale mediante l'utilizzo di federazioni autonome e l'esecuzione di simulation run su wide area network con la partecipazione dei federati sviluppati dalle altre sedi con specifico riferimento alla federazione "Piaggio". La prima simulazione completa su WAN con la partecipazione di tutti i componenti della federazione è avvenuta il 23 Maggio 2001 simulando un periodo di 154 settimane in 4 ore. La simulazione è stata eseguita mediante l'utilizzo di un modello dell'azienda OMA sviluppato dalla sede di L'Aquila nell'ambito del precedente programma di ricerca "Gestione integrata di sistemi produttivi interagenti: metodi quantitativi avanzati per la quick response" ma senza la partecipazione del simulatore del sistema di trasporto il quale in tale data non era ancora stato implementato a livello software. Nelle 154 settimane di simulazione sono stati gestiti 11 nuovi ordini di produzione relativi ai componenti che la OMA realizza per il main contractor Piaggio verificando la corretta sovrapposizione degli ordini provenienti dalla federazione con quelli preesistenti nel piano di produzione predisposto dall'azienda. Il test, conclusosi con esito pienamente positivo, ha avuto essenzialmente lo scopo di verificare la correttezza dello scambio dati, l'integrità del ciclo di vita degli ordini, le procedure di sincronizzazione dei simulatori, la stabilità del sistema e la corretta risposta del simulatore sviluppato. La convalida delle varie versioni del simulatore di trasporto è stata invece effettuata mediante test su rete locale presso l'Università di L'Aquila previo lo sviluppo autonomo di federati rappresentativi di clienti e fornitori al fine di ricreare una federazione realistica. In particolare i test si sono differenziati relativamente alla configurazione della supply chain (numero di clienti/fornitori), alla quantità di dati scambiati nel tempo ed alla durata della simulazione. Come precedentemente accennato i test hanno coinvolto fino a 12 federati di cui uno trasportatore, in scenari logistici differenti con presenza o meno di warehouse intermedie, implementando quindi modalità gestionali di tipo direct shipping o warehousing con prelievi e consegne dedicate od eseguite in sequenza. In tutti i casi considerati si è verificato il corretto svolgimento della simulazione e l'efficacia dell'interscambio dati.

DE "Sergio Stecco" – Sezione Impianti e Tecnologie, Università di Firenze

L'architettura proposta è stato verificata, mediante prove congiunte fra le sedi coinvolte nel progetto. Sono stati effettuati vari test sia in rete Wan (rete geografica) che in rete Lan (rete locale), con lo scopo di verificare la bontà della scelta del protocollo TCP/IP come protocollo di comunicazione, e la robustezza dell'architettura HLA nella gestione di simulazioni distribuite.

Da questa serie di prove si evince una stabilità al momento ancora precaria della federazione progettata, da risolversi con l'approfondimento e l'aumento della conoscenza necessaria, delle problematiche di HLA, di forza incrementabile con il proseguimento dei test.

Di per sé, le prove hanno comprovato la bontà preliminare dell'intuizione di impiegare l'architettura HLA per la strutturazione di una simulazione distribuita su più calcolatori, anche geograficamente lontani. Con il modello sviluppato dalla sede di Firenze sono state eseguite prove di collegamento al proxy per mezzo di un programma specifico (appositamente realizzato in Visual Basic), che simula le risposte del proxy. Inoltre si è collegato il proxy all'RTI e si sono eseguite alcune prove con il test federate che simula la presenza di altri federati. Il modello funziona correttamente.

Le risposte ottenute dai run di validazione confermano quanto prevedibile: fintanto che il ritmo con cui arrivano gli ordini impegna una capacità non superiore a quella standard gli ordini vengono processati tutti con una distribuzione del ritardo (tardiness) a media all'incirca nulla; all'aumentare dell'intensità degli ordini in arrivo si attivano le leve gestionali di extraturni ed outsourcing. Se il ritmo di arrivo degli ordini è troppo intenso, alcuni di essi saranno rifiutati, mentre la distribuzione della tardiness resta pressappoco costante, a significare la bontà dello strumento di gestione degli ordini in ingresso. Ovviamente la distribuzione della tardiness avrà una varianza che dipende direttamente dalle varianze imposte sui tempi di lavorazione e sui tempi dei fornitori. Al limite in cui si fissano tempi deterministici, l'esattezza nel pianificare la produzione, secondo il LTO,

produce il pieno rispetto dei tempi di consegna. L'unica fonte di errore è dovuta alla negoziazione in due tempi, che anticipa le risposte sulla disponibilità rispetto al momento in cui le risorse vengono impegnate. Ecco che i risultati sono influenzati dal valore fissato per questo shift tra richiesta di disponibilità e OdP. A tal riguardo il modello potrebbe fornire il valore ottimale per lo shift temporale ammissibile Δt , in un ottica ottimizzante. Definita la funzione obiettivo si valuta quale sia il Δt che massimizzi la funzione.

ACCREDITATION PRESSO UTENTI FINALI

DIP, Università di Genova

La fase di accreditation della federazione di simulatori e pianificatori è stata condotta in stretta collaborazione con l'utente finale emediante l'organizzazione di una serie di eventi che hanno visto la presenza sia di esperti del settore (es. Boston College, Ford Motor Company, Liophant Simulation Club) sia dei soggetti direttamente interessati (es. Piaggio Aero Industries). Il primo evento di accreditation si è tenuto nel corso del Workshop internazionale sulla simulazione e la logistica HMS2002 tenutosi a Bergeggi (SV) in ottobre. Nel corso di tale evento è stata illustrata la logica di funzionamento delle componenti la metodologia ed è stata effettuata una dimostrazione attraverso una serie di run di simulazione ed il controllo dei risultati corrispondenti (risultati attesi, risultati effettivi). Al termine della fase di descrizione (Reader) la discussione (Moderator) ha permesso di trasmettere ai partecipanti la piena sensazione delle potenzialità e delle performance dello strumento sviluppato mediante la condivisione dei risultati ottenuti e delle logiche implementate. Al fine si facilitare ulteriormente il processo di accreditation è stata organizzata, nel sito del progetto (<http://st.itim.unige.it/wild>) una sezione informativa con tutto il materiale illustrativo le logiche e gli algoritmi utilizzati. Nel corso poi dell'evento successivo ("*Competere Attraverso l'integrazione della Supply-Chain Management*" Savona Campus Novembre 2002) si è avuto modo di coinvolgere ulteriormente l'azienda sede del caso applicativo (PAI - Piaggio Aero Industries, Genova) con una sessione congiunta nel quale è stato nuovamente presentato lo strumento realizzato sia dal punto di vista dello sviluppo (DIP) sia da quello dell'utilizzatore (PAI). Nel corso poi di un incontro presso la PAI stessa si è avuto modo poi di trasferire nuovamente le caratteristiche e dello strumento realizzato rispondendo ad una serie di domande specifiche sulla gestione della negoziazione. Al termine di tale fase il rappresentante della PAI si è dichiarato soddisfatto dello strumento sviluppato e pienamente informato delle sue potenzialità applicative.

DE, Università de L'Aquila

Le metodologie per l'accREDITamento degli strumenti simulativi presso gli utenti finali si differenziano in funzione del modello considerato. Il modello di simulazione del sistema produttivo è stato realizzato tenendo conto delle esigenze dell'utente sin dalla fase di definizione delle specifiche. Pertanto esso è già predisposto per l'interfacciamento con le strutture dati aziendali ed è stato sviluppato secondo una schematizzazione del sistema produttivo concordata con il management dell'azienda. L'accREDITamento pertanto si limiterà all'aggiornamento dei parametri di taratura dei modelli delle singole risorse ed all'interfacciamento con i database aziendali.

Per quanto riguarda i modelli del sistema di trasporto occorrerà una fase di personalizzazione in quanto, avendo tali modelli finalità generali, non sono stati sviluppati prendendo come riferimento delle specifiche realtà aziendali. Occorrerà quindi definire le caratteristiche ed i vincoli di capacità delle effettive risorse, e personalizzare le regole euristiche adottate nonché le modalità di impegno delle risorse per rispecchiare le politiche gestionali messe in atto dal carrier in oggetto.

DE "Sergio Stecco" – Sezione Impianti e Tecnologie, Università di Firenze

E' in corso il processo di accreditation presso gli utenti finali del modello locale. In tale processo si vuole evidenziare il valore conseguibile con l'adozione di strumenti per l'analisi prestazionale e

distribuita di SC. Altre dimostrazioni, nei contesti industriali di nostro interesse (es: produzione di beni di largo consumo, grande distribuzione), saranno condotte in un prossimo futuro.

DIG, Politecnico di Milano

Il singolo modello Plyform è stato presentato ai responsabili della suddetta azienda, con i quali si è discussa la stesura dell'interfaccia di comunicazione ed i possibili reali impieghi. Una dimostrazione della federazione base, inglobante il federato Plyform attuale è stata altresì eseguita. Da tali incontri è sorta nell'azienda soprattutto l'intenzione di adoperare il modello in modalità stand alone, dato il buon livello di dettaglio con cui è stato progettato. Sarà compito dell'azienda rivedere i dati forniti e settare le percentuali delle variabili stocastiche (tipologie dei prodotti, numerosità dei codici). I valori presenti nell'attuale modello di simulazione sono stati infatti ricavati in seguito ad una campagna di raccolta dati eseguita dal Dipartimento di Ingegneria Gestionale del Politecnico di Milano su un campione di informazioni direttamente fornite dall'azienda di orizzonte pari a due mesi di produzione. L'azienda Plyform, per l'esecuzione del modello di simulazione, dovrà altresì dotarsi del software di simulazione con cui è stato sviluppato il modello (eM-Plant di Tecnomatix). La collaborazione tra l'università e l'impresa è stata eseguita sotto il solo ombrello della ricerca, senza alcuna altra collaborazione diretta.

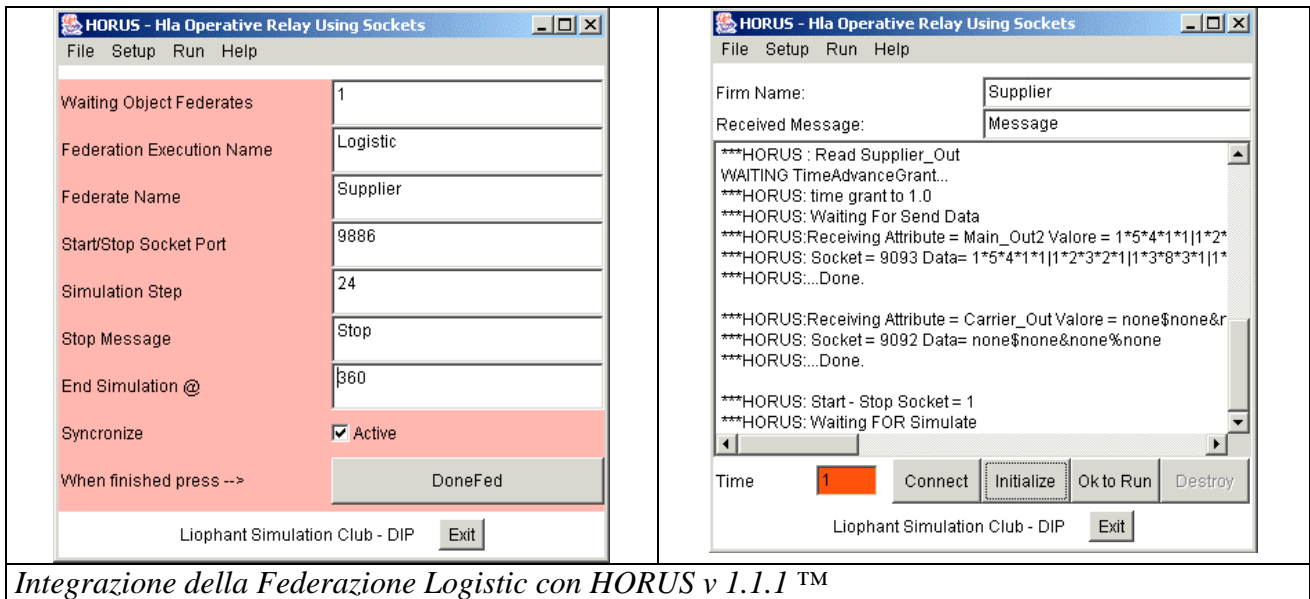
INTEGRAZIONE DEI MODELLI

DIP, Università di Genova

A seguito delle difficoltà incontrate dalle altre sedi durante lo sviluppo dei federati il gruppo di ricerca del DIP ha provveduto a farsi carico dello sviluppo di tutti i federati attori della supply chain. Tale possibilità è stata resa possibile dalla particolare tipologia di design adottato per la federazione. In particolare si è utilizzato lo schema concettuale dei simulatori GG che nel precedente progetto di ricerca avevano consentito di sostituire in fase di test i federati eventualmente non presenti. E' da aggiungere che uno dei desiderata di progetto riguardava lo sviluppo di un'architettura a moduli in cui ogni componente fosse intercambiabile con un modello reale (es. applicazione della metodologia ICARO), un meta-modello statistico (GG in configurazione HLA) o un metamodello interno le cui risposte fossero compatibili con i dati storici disponibili del federato mancante (GG internal model). La federazione infatti può indifferentemente utilizzare federati distribuiti su rete geografica oppure dialogare con metamodelli di tipo Montecarlo costruiti sulla base dei dati storici disponibili nel database. Nel caso in esame, infatti, la federazione ha riguardato l'integrazione di 7 federati HLA (cioè operanti in maniera distribuita) e di circa un centinaio di fornitori di items di classe A simulati all'interno del modello Main Contractor mediante dati storici di affidabilità e puntualità nelle consegne. Questo vantaggio, estremamente significativo nel caso in cui si debbano realizzare run di simulazione "veloci" al fine di fornire risposte a problemi contingenti, è stato ampliato nel nuovo modello di federato implementato denominato RR_HLA. Ogni modello infatti viene facilmente reso autonomo ed indipendente dalla federazione nella medesima maniera in cui viene integrato nella federazione HLA, semplicemente mediante la configurazione della sua GUI.

Tale principio ispiratore ha reso possibile lo sviluppo dell'intera federazione di simulatori-pianificatori da parte della sede di Genova restando comunque disponibile alle altre sedi l'integrazione futura dei software relativi purchè conformi alle specifiche date in sede di sviluppo del progetto.

Particolare accento è stato poi posto nell'integrazione anche di strumenti non-HLA Compliant quali sistemi GIS, Schedulatori-Planner Legacy o simulatori COTS; uno degli obiettivi, infatti di progetto è stato quello di garantire una reale interoperabilità ed integrabilità degli strumenti presenti in azienda con WILD. A tal proposito la fase di integrazione ha permesso di testare l'applicazione middleware HORUS v1.1.1 con il quale è stato realizzato l'aggancio dei modelli vettori-logistici con la federazione.



Integrazione della Federazione Logistic con HORUS v 1.1.1™

Lo strumento è stato poi ulteriormente impiegato per lo sviluppo e l'integrazione di una federazione di test denominata "Logistic" i cui federati sono costituiti da entità software sviluppate con un tool COTS (Arena 5.0™). ed il cui scopo è quello di esportare in un ambiente più familiare agli utenti della simulazione alcuni aspetti della metodologia WILD.

DIMOSTRAZIONE DELLA FEDERAZIONE

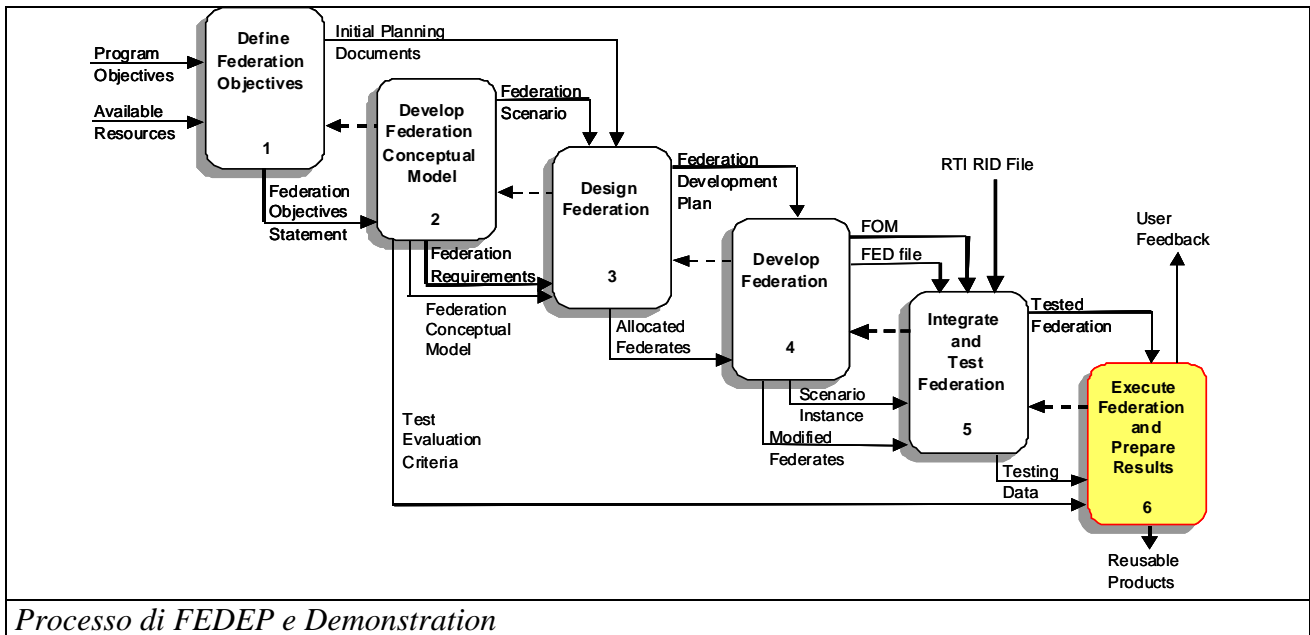
DIP, Università di Genova

La dimostrazione della federazione copre l'ultimo punto del processo di Fedep e costituisce una delle attività essenziali della fase di Accreditation. La valenza ulteriore della fase di demonstration risiede poi nella continua azione di feedback che viene condotta sul sistema in fase di esercizio (configurazione produzione) e quindi soggetto a condizioni di funzionamento reale. Oltre quindi alla serie di run di simulazione previsti per la parte di Accreditation sono stati condotti ulteriori esercizi con la partecipazione di esperti del settore gestionale-industriale. In occasione di un meeting a Torino al quale partecipava anche una delle maggiori aziende di consulenza italiane si è avuto modo di confrontare i vantaggi che l'adozione della metodologia WILD comporta con gli strumenti gestionali attuali. Dal confronto è nata l'esigenza di continuare sulla strada intrapresa cercando di spingere ulteriormente la fruibilità del mezzo e la sua integrazione con i principali ERP aziendali ed offrendo protocolli di connessione ed aggiornamento anche verso i sistemi legacy.

La fase di demonstration ha visto la federazione composta da una batteria di 3 PC portatili interconnessi da una rete locale in configurazione a stella su HUB sul quale venivano attivati il federato MAIN, il federato CARRIER con la sua unità di connessione HORUS ed un federato SUBCONTRACTOR. La Supply Chain simulata prevedeva inoltre un ulteriore set di circa 100 modelli di sub contractor integrati a partire dal loro meta-modello Montecarlo. La configurazione operativa ha previsto l'impiego di una configurazione di startup formata da un set di ordini "in portafoglio" e la presenza anche di un "cliente" fittizio per il federato SUBCONTRACTOR in grado di saturare le risorse produttive e fornire quindi uno scenario più vicino a quello reale.

La simulazione proposta ha visto il monitoraggio dei parametri tecnico-economici tipici della produzione meccanica e l'adozione di una idonea strategia di rinegoziazione degli ordini.

La fase di negoziazione, particolarmente stressata al fine di identificarne le criticità, è stata gestita sulla base di due parametri configurabili nella fase di setup.



Tali parametri hanno assunto la seguente configurazione.

- § Attitudine alla Negoziazione: indica il numero di unità di tempo che il federato è disposto a cedere per avvicinarsi alle posizioni del proprio opponente, viene settato sulla maschera di setup.
- § Attitudine alla Accettazione dell'Ultima Offerta: indica il numero massimo di unità di tempo con il quale si è disposti ad accettare l'ultima offerta, viene settato sulla maschera di setup.
- § Numero Massimo di Interazioni Negoziali: indica la durata massima in cicli simulati di Offerte Negoziali (Time Frame), viene settato sulla maschera di setup.

I risultati previsti dalla simulazione hanno poi riguardato i valori misurabili sul modello di sub contractor e quelli misurabili sul modello del main contractor. La configurazione di run prevista in fase di Demonstration ha visto una lunghezza del run di 156 settimane simulate con eventi di generazione ordini globali (cioè valevoli per un periodo di pianificazione) di cadenza annuale.

COORDINAMENTO DELL'ACCREDITATION DELLA FEDERAZIONE

DIP, Università di Genova

Nella fase di sviluppo dell'architettura software la sede di Genova ha coordinato l'incontro tra le varie realtà aziendali e le sedi universitarie coinvolte. Nel corso del precedente progetto, infatti, la sede di Genova ha messo a disposizione il proprio team di integrazione per facilitare lo sviluppo delle parti di codice relative all'integrazione dei moduli sviluppati dalle varie sedi con la federazione HLA. In tale fase il DIP ha potuto raccogliere e coordinare le informazioni per la successiva fase di accreditamento presso l'utente finale. Ad una prima fase di test presso la sede universitaria consorziata condotta sotto la supervisione del team di integrazione si è avuta la conduzione di una serie di esperienze in rete geografica che ha visto la partecipazione delle aziende coinvolte nel progetto.

Nel corso del presente progetto il DIP ha coordinato una serie di iniziative di demonstration della federazione (es. WILD Meeting, HMS2002) che hanno permesso alle varie aziende di apprendere le caratteristiche e le potenzialità dello strumento realizzato, ogni sede ha quindi provveduto a trasmettere le proprie competenze ed il proprio knowledge sul modello realizzato al partner industriale.

DATA COLLECTION

DIP, Università di Genova

Strutturazione Raccolta Dati

La fase di raccolta dati si è basata sull'attività di progetto precedente ed ha interessato tutte le aziende coinvolte nel caso pilota. In particolare le varie sedi, tra cui il DIP, hanno attuato una serie di stage di ricerca presso i partner industriali al fine di ottenere le informazioni necessarie allo sviluppo ed alla particolarizzazione del modello. La tecnica utilizzata ha permesso di recuperare dai sistemi informativi aziendali (Sistemi ERP e Legacy) i dati relativi alla produzione, all'organizzazione del lavoro nonché i riassunti statistici delle principali variabili aleatorie (es. lead time medio fornitore, affidabilità delle consegne, ecc.). Il sistema di programmazione della produzione è stato fatto oggetto di un particolare studio al fine di ottenere le informazioni riguardanti le politiche di sequenziazione delle attività e le strategie di rinegoziazione degli ordini. Dal punto di vista della fruibilità dei dati il materiale raccolto è stato dapprima reso disponibile su opportuni Worksheet che, attraverso l'implementazioni di opportune routine di analisi, hanno permesso di condurre la validazione della base dati. I dati così certificati, insieme alla lista dei parametri di ipotesi ed assunzione, sono stati organizzati in una base dati opportuna che è stata per la prima fase di progetto una serie di file ASCII e successivamente un Database Relazionale.

La fase di certificazione dei dati ha rappresentato, senza dubbio, una parte importante dell'intero processo di implementazione ed è stata condotta attraverso tecniche di modellazione (cfr. progetti WSS&S, PUMA e SGS-AMT) ed il ricorso ad analisi statistiche. La disponibilità, al termine di questa fase, di una base dati organica ha permesso la successiva fase di integrazione dei modelli Logistici e Negoziali mediante la specificazione delle informazioni corrispondenti.

Gestione dei Dati di Configurazione della Rete Logistica

Nella fase di sviluppo del modello di rete logistica (cfr federato CARRIER) si è resa necessaria la creazione di un'adeguata base di dati geografiche per la particolarizzazione dei processi di trasporto. Normalmente per procedere in tale direzione occorre integrare strumenti GIS all'interno del proprio sistema e questo è in generale fonte di costi di sviluppo (es. acquisizione di software GIS idonei) e di licenza (es. manutenzioni, aggiornamenti). Per risolvere questo problema il gruppo di ricerca del DIP ha deciso di realizzare un proprio strumento utilizzando i principali web service disponibili in materia.

Attraverso l'utilizzo di portali disponibili in internet (es. viamichelin.fr) è possibile ottenere basi dati complete in grado di fornire il supporto alla modellizzazione del processo fisico di trasporto. Tali informazioni hanno riguardato principalmente le distanze e gli instradamenti dei vari punti sensibili della supply chain. Il modello risultante ha quindi utilizzato tali dati per la determinazione dei parametri di tempo e costo necessari all'effettuazione del trasporto fisico ed ha integrato tali valori con i dati relativi alle operazioni ai terminal. Un tale approccio, ampiamente collaudato dal gruppo di ricerca DIP, è stato successivamente esteso attraverso l'integrazione nel federato carrier di un modello di decisione automatica deputato al processo di ottimizzazione delle procedure di consegna e ritiro. Il federato inizialmente sviluppato ha riguardato la modellizzazione del trasporto linehaul (punto a punto su rete geografica complessa) generalmente effettuato da un veicolo idoneo reso disponibile su chiamata del terminal. Come sviluppo ulteriore si è integrato anche un federato feeder in grado di poter ricevere richieste di ritiro e liste di consegna multi-cliente e multi-missione ed effettuare l'aggregazione delle stesse in missioni operative.

Lo sviluppo di tale modello ha richiesto l'adozione di un idoneo algoritmo di ottimizzazione del processo di aggregazione delle consegne mediante l'impiego del "Metodo della Matrice dei Savings".

Tale metodo, partendo solo da considerazioni di natura geografica e dalle risorse disponibili provvede ad aggregare, in maniera opportuna le consegne (ritiri di merci) disponibili in un arco temporale predefinito.

I risultati di tale metodologia sono stati già ampiamente dimostrati in letteratura ed implementati dal gruppo di ricerca del DIP (Es, Progetto LOGOS). La necessità, tuttavia, in futuro di poter disporre di basi dati geografiche più estese renderà indispensabile l'utilizzo e l'integrazione di servizi web accessibili attraverso protocolli dedicati (es, SOAP™ - Simple Object Access Protocol) in grado di fornire informazioni sulla base di richieste formulate in codice XML™.

Mediante tale schema sarà possibile integrare all'interno di una applicazione proprietaria una chiamata ad un metodo remoto pubblicato come web service da un provider in grado di fornire , in tempo reale, i dati di viabilità e di tempo medio atteso di percorrenza.

PROBLEM ANALYSIS

DIP, Università di Genova

Durante il progetto è stata condotta la fase di Problem Analysis e Problem Solving attraverso lo sviluppo di opportuni modelli di comportamento e metamodelli operativi (es. modulo strade per la gestione del routine dei veicoli) che hanno guidato tutta la fase di raccolta dati e certificazione della base di conoscenza.

Di fronte ad un problema complesso come quello della Supply Chain è necessario adottare un'ideale tecnica di approccio al fine di ridurre, per quanto possibile, lo sforzo di modellazione di alto livello e concentrarsi sui problemi reali delle entità in gioco.

Uno dei grandi limiti, infatti, dell'approccio dell'ingegneria dei sistemi classica risiede, essenzialmente, nell'eccessivo livello di astrazione che questa comporta e nella assoluta sproporzione tra sforzo modellativo e sforzo implementativo.

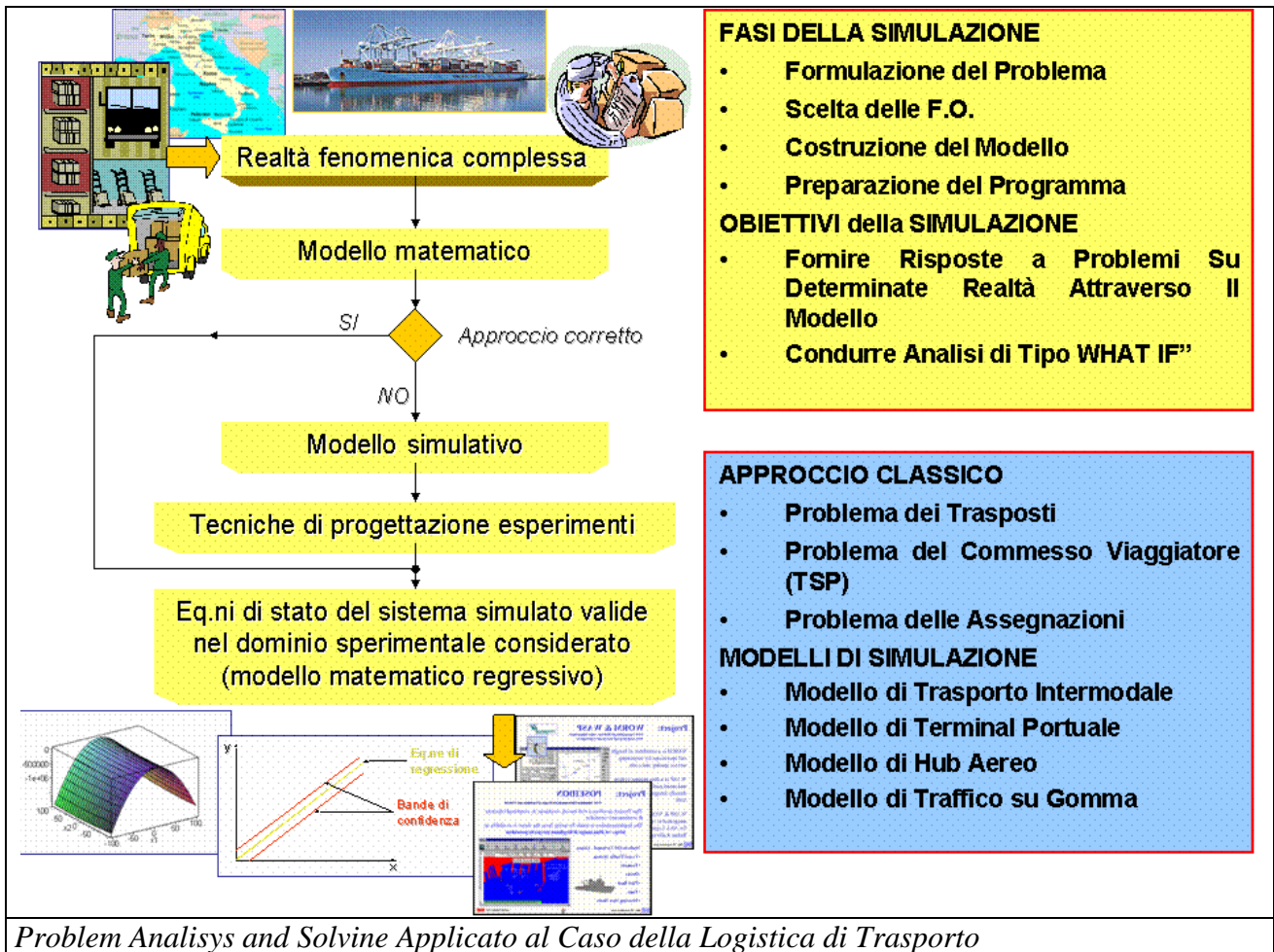
Oltre a fornire analisi puntuali e architetture di alto livello il ruolo dell'ingegnere è quello di proporre soluzioni applicative in grado di produrre risultati in tempi ragionevolmente brevi ed a costi contenuti.

La filosofia di approccio utilizzata è stata dunque quella di ricondursi, ove possibile, a modelli semplificati della realtà (anche basandosi su approcci analitici) ed eventualmente sviluppare modelli ad hoc per quelle entità la cui complessità fosse in grado di affliggere il sistema.

Ad esempio nel processo di sviluppo del modello di trasporto fisico (carrier) si è preferito utilizzare un approccio ibrido al problema piuttosto che modellare l'intero processo di movimentazione dei veicoli dal punto di vista degli eventi correlati (es. fenomeno code ai caselli, rischi incidenti, ecc.), tali decisioni permettono di poter ridurre lo sforzo di implementazione senza per altro pregiudicare le performances dell'intero sistema realizzato.

Lo sviluppo dell'approccio proposto ha visto quindi la realizzazione di una fase preliminare di raccolta dati, la certificazione della base dati e lo sviluppo di modelli di simulazione dei sottoproblemi (es. modello di trasporto, modello di negoziazione secondo John Nash, ecc.) al quale è seguita una fase di prima integrazione con successiva attività di sviluppo ed estensione dei modelli.

Il modello di sviluppo incrementale ha dimostrato praticamente di essere la chiave vincente per l'approccio a problemi di modellazione ed ottimizzazione distribuiti come quello proposto riuscendo a produrre nei tempi previsti i risultati attesi e fornire al gruppo di ricerca del DIP una serie di strumenti testati applicabili ad un vasto set di casi industriali reali.



ANALISI INGEGNERISTICHE

DIP, Università di Genova

Problemi di Ottimizzazione sulla Gestione Logistica e dei Terminali

Il problema analizzato prevede che si debba trovare la configurazione ottima in termini di numero di veicoli, dimensioni degli stessi e ciclo operativo per il trasporto di una serie di prodotti realizzati od approvvigionati dai vari federati della supply chain. Sui terminal di scarico e carico sono previsti vincoli di accumulo che limitano le finestre temporali in cui debbono essere assicurate le consegne/prelievi. I flussi possono essere sia di deposito che di prelievo, la dimensione dei veicoli è un parametro di progetto e, limitatamente, variabile.

Problemi di Network Design Classici

In letteratura sono presenti alcuni problemi di programmazione matematica che, in qualche modo, riguardano il caso in esame essi sono:

- Il problema del Trasporto
- Il problema delle Assegnazioni
- Il problema del Commesso Viaggiatore (TSP)
- Il problema del Capacitated Vehicle Routing (CVRP)

Per ciascuno di essi viene fornito l'enunciato, il campo di applicabilità e la tecnica suggerita per la sua risoluzione.

Il Problema del Trasporto

Noto un insieme di sorgenti S_i e di destinazioni D_j sono noti i vettori di disponibilità alle sorgenti, $[Q_i]$ e di fabbisogno alle destinazioni $[q_j]$. E' nota una matrice di costo unitario di trasposto $\{c_{ij}\}$ tra ogni origine i ed ogni destinazione j ; il problema è quello di trovare la matrice delle quantità $\{x_{ij}\}$ da trasportare tra i e j per soddisfare le esigenze D_j . Una variante prevede anche l'utilizzo dei vincoli di limitazione di trasporto $\{L_{ij}\}$ tra la sorgente i e la destinazione j .

La sua formulazione in termini di programmazione matematica prevede la minimizzazione di una funzione costo complessivo del trasporto soggetta ai vincoli di disponibilità, soddisfacimento dei fabbisogni, spazio disponibile e di non negatività.

$$\min \left\{ \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij} \right\}$$

soggetto ai vincoli:

$$\sum_j x_{ij} \leq S_i$$

$$\sum_i x_{ij} = D_{ji}$$

$$x_{ij} \leq L_{ij}$$

$$x_{ij} \geq 0$$

L'algoritmo utilizzato per la risoluzione del problema prevede la determinazione della prima soluzione con il metodo dell'angolo di Nord-Ovest e l'utilizzo dell'algoritmo del passo della torre per la sua ottimizzazione. In alternativa si può usare il metodo del simplesso per la determinazione della matrice $\{x_{ij}\}$.

Criticità:

L'algoritmo prevede la determinazione di quali sorgenti utilizzare per servire le destinazioni nel caso in esame detto legame è già fornito.

Problema delle assegnazioni

Il problema si concretizza nella ricerca di una matrice di assegnazione in cui ogni elemento di ogni riga può deve essere assegnato ad uno ed uno solo degli elementi costituenti ciascuna colonna. La soluzione è una matrice $\{x_{ij}\}$ in cui le somme di riga e di colonna sono pari a 1. Rappresenta un'estensione al problema del trasporto in quanto richiede di determinare in una matrice origine - destinazione, come quella vista in precedenza come assegnare ad ogni destinazione un carico unitario, o. Il problema risulta dunque:

$$\min \left\{ \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij} \right\}$$

soggetto ai vincoli:

$$\sum_j x_{ij} = 1$$

$$\sum_i x_{ij} = 1$$

$$x_{ij} \in [0,1]$$

Per la risoluzione si utilizza il metodo di riduzione della matrice dei costi e di mascheramento delle righe e delle colonne detto metodo ungherese.

Criticità:

L'algoritmo può essere utilizzato solo su un sottoproblema, e non è prevista la possibilità di assegnazioni multiple (più destinazioni servite dallo stesso veicolo).

Problema del Commesso Viaggiatore (TSP)

Dato un network di destinazioni e di distanze relative $\{d_{ij}\}$ si chiede di minimizzare la distanza da percorrere per raggiungere una qualsiasi delle destinazioni partendo da uno stesso punto di partenza. L'algoritmo di risoluzione prevede di assegnare a ad ogni nodo una serie di etichette $[d,n]$ distanza-nodo di partenza, e di etichettare permanentemente i nodi di distanza minima. La procedura identifica iterativamente i nodi da etichettare permanentemente fino a trovare la distanza minima.

Un'altra versione del problema viene detta "minimal spanning tree" e prevede la ricerca di della distanza minima per toccare tutte le destinazioni da uno stesso nodo di partenza. L'algoritmo risolutivo è facilmente implementabile e consente di ottenere l'albero minimo dato un set di N nodi e N-1 archi. Il problema del commesso viaggiatore rappresenta il piano più evoluto del problema della ricerca del cammino minimo e prevede di trovare il percorso minimo che un'entità deve percorrere partendo da un nodo arbitrario, toccando ogni destinazione e rientrando sul nodo di partenza. Il problema venne descritto per la prima volta da Sir William Rowan Hamilton e da Thomas Penyngton Kirkman e trattato nella sua forma generale da Karl Menger negli anni Trenta.

Anno	Gruppo di Ricerca	Dimensione del Problema
1954	G. Dantzig, R. Fulkerson, and S. Johnson	49 cities
1971	M. Held and R.M. Karp	64 cities
1975	P.M. Camerini, L. Fratta, and F. Maffioli	100 cities
1977	M. Grötschel	120 cities
1980	H. Crowder and M.W. Padberg	318 cities
1987	M. Padberg and G. Rinaldi	532 cities
1987	M. Grötschel and O. Holland	666 cities
1987	M. Padberg and G. Rinaldi	2,392 cities
1994	D. Applegate, R. Bixby, V. Chvátal, and W. Cook	7,397 cities
1998	D. Applegate, R. Bixby, V. Chvátal, and W. Cook	13,509 cities
2001	D. Applegate, R. Bixby, V. Chvátal, and W. Cook	15,112 cities

Nel corso degli anni sono stati proposti numerosi algoritmi per la risoluzione del problema del commesso viaggiatore tra i quali citiamo:

- Heuristics
- Clark and Wright (1964)
- Hierarchical Approach (split + TSP)
- Fisher & Jaikumar (1981)
- Taillard (1993)
- Multi-route Improvement Heuristics
- Kinderwater and Savelsbergh (1997)
- MetaHeuristics
- Tabu search, Rochat and Taillard (1995)
- Constraint Programming, Shown (1998)
- Tabu search Kelly and Xu (1999)
- Granular Tabu, Toth & Vigo (1998)
- Ant System, Gambardella & al. (1999)
 - § Most Used Approach
- 2-Opt
- 3-Opt
- Genetics Algorithms
- Nearest Neighbour Euristic

Il problema del Capacitated Vehicle Routing (CVRP)

Consideriamo il problema noto come Vehicle Routine Problem (VRP) come descritto da Dantzing e Ramser, in cui una certa quantità di deve essere recapitata ad ogni customer i , con $i ::= 1..N$, da un unico deposito centrale $\{0\}$ usando k veicoli indipendenti di identica capacità C .

La formulazione del problema prevede come soluzione l'identificazione di una partizione $\{R_1, \dots, R_k\}$ di N nei k percorsi, ognuno soddisfacente $\sum_j DR_i$ e le relative permutazioni σ_i che determinano l'ordine con cui vengono effettuate le consegne.

Il problema può essere formulato nella seguente maniera utilizzando la notazione della programmazione matematica:

$$\begin{aligned}
 & \min \sum_{e \in E} c_e x_e \\
 & \sum_{e=\{0,j\} \in E} x_e = 2k \\
 & \sum_{e=\{i,j\} \in E} x_e = 2 \forall i \in N \\
 & \sum_{e=\{i,j\} \in E; i \in S; j \notin S} x_e \geq 2b(S) \forall S \subset N, |S| \geq 1 \\
 & 0 \leq x_e \leq 1, \forall e = \{i, j\} \in E, i, j \neq 0 \\
 & 0 \leq x_e \leq 2, \forall e = \{0, j\} \in E, i, j \neq 0 \\
 & x_e \text{ int } \text{gral}, \forall e \in E
 \end{aligned}$$

Il numero di veicoli utilizzati è limitato inferiormente dalla seguente relazione:

$$b(S) = \frac{\left\lceil \sum_{i \in S} d_i \right\rceil}{C}$$

Tale problema può essere risolto raramente in maniera analitica in quanto all'aumentare delle città da servire la sua complessità cresce in maniera esponenziale, il problema è infatti NP-Completo.

Il metodo della Savings Matrix è semplice da implementare e può essere utilizzato per assegnare le consegne ai veicoli quando esistano vincoli temporale o altri vincoli

Il metodo si compone dei seguenti passi:

- § identificare la matrice delle distanze (distance matrix)
- § identificare la matrice dei risparmi (savings matrix)
- § assegnare le consegne ai veicoli o al percorso
- § sequenziare le consegne sul percorso

Mentre i primi tre punti servono per assegnare le consegne ai veicoli ed hai percorsi l'ultima ottimizza il percorso variandone la sequenza in modo da ridurre la distanza percorsa (TSP)

Le distanze sono un mezzo per calcolare il costo di ogni soluzione proposta dal momento che il costo del trasporto è in generale proporzionale alla distanza percorsa

La distanza viene calcolata su base geometrica con la seguente formula

$$\text{Dist}(A,B) = \sqrt{[(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2]}$$

La Matrice dei Savings esprime la convenienza che due consegne vengano raggruppate sullo stesso percorso. Un percorso è formato da almeno una consegna e comprende sia il viaggio di andata che quello di ritorno DC → Cust A → DC. Un percorso con due consegne assume la notazione seguente DC → Cust A → Cust B → DC. Il saving viene calcolato dalla seguente formula:

$$S(A,B) = \text{Dist}(DC,A) + \text{Dist}(DC, B) - \text{Dist}(A,B)$$

La procedura prevede di raggruppare sullo stesso percorso (veicolo) consegne che abbiano il valore di saving più elevato nel limite della capacità del veicolo (ad esempio 200 items)

La prossima procedura prevede di ottimizzare la sequenza delle consegne all'interno dello stesso gruppo utilizzando un algoritmo di sequenziazione secondo il problema del commesso viaggiatore (TSP), infatti l'ordine con cui vengono effettuate le consegne può avere un impatto significativo sul totale della distanza percorsa

La procedura allora deve determinare una sequenza di partenza e poi migliorarla in modo da ridurre la distanza totale (algoritmi di costruzione + algoritmi di miglioramento). Le principali procedure di creazione percorso possono essere riassunte nelle seguenti:

- § Farthest Insert: aggiunge via via la consegna più lontana fino a quando tutte sono state inserite
- § Nearest Insert: come il precedente ma inserisce la consegna più vicina
- § Nearest Neighbor: aggiunge la consegna più vicina al punto corrente
- § Sweep: si sceglie un punto e da qui si gira in senso sempre orario o antiorario toccando via via tutte le consegne

Gli algoritmi di miglioramento utilizzabili possono essere divisi in due categorie:

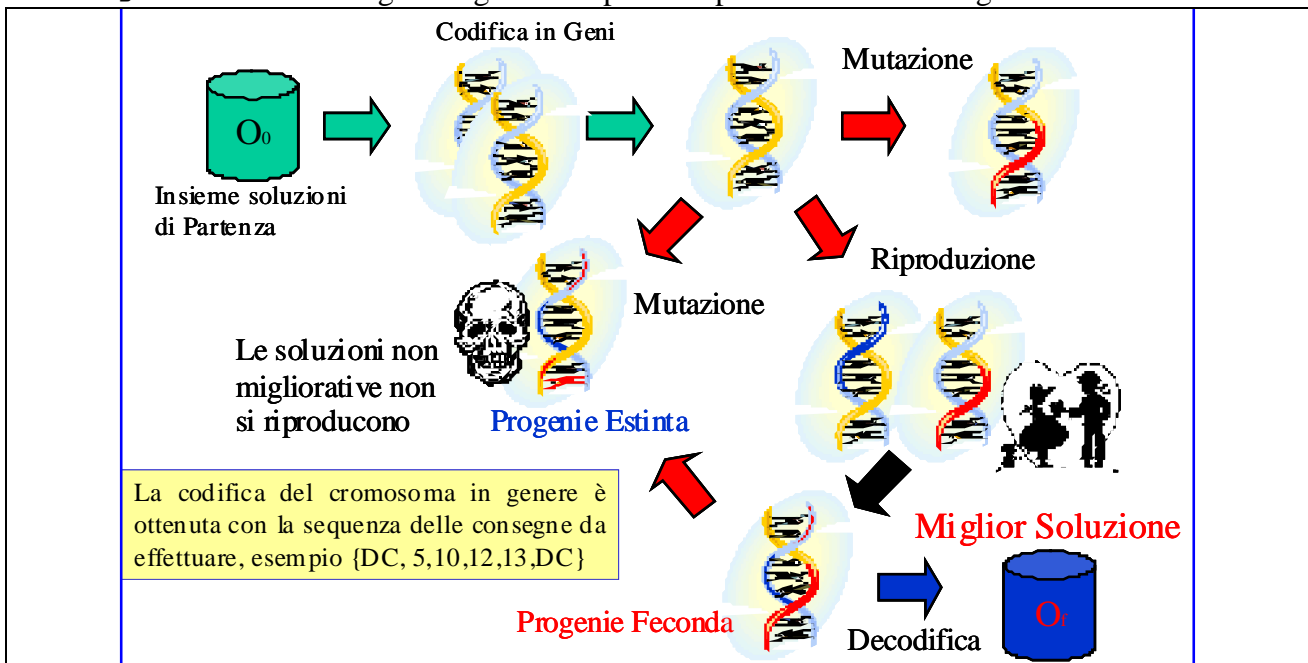
- § Algoritmi di Ottimizzazione: ricercano la soluzione ottima di un problema ma possono richiedere un tempo proibitivo
- § Algoritmi Euristici: trovano una soluzione in genere migliore ma non ottima, sono più veloci e di fatto più semplici da utilizzare tra questi ultimi figurano gli algoritmi genetici.

Algoritmi Genetici Per Risoluzione del Problema del Commesso Viaggiatore

Si tratta di algoritmi euristici sviluppati da Holland nel 1975 ispirati ai sistemi biologici. Ogni possibile soluzione è codificata in un cromosoma. Un meccanismo di selezione premia gli individui migliori, cioè gli individui con le caratteristiche migliori (minor distanza percorsa).

I due meccanismi di evoluzione della popolazione delle soluzioni sono: la mutazione che si pratica su un individuo alla volta e la riproduzione che si pratica su coppie di individui

- § Passo 1: Da una soluzione generata a caso occorre specificare il numero massimo delle popolazioni P e delle generazioni G. Produrre P soluzioni dalla prima generazione e codificarle come geni. Porre il contatore delle generazioni $N_{gen}=1$;
- § Passo 2: Determinare il valore della funzione obiettivo per ogni soluzione e salvare il gene di quella che ha ottenuto il miglior risultato.
- § Passo 3: Produrre le soluzioni della generazione successiva come segue:
 - § Trattenere 10% di P delle precedenti migliori soluzioni,
 - § Generare 89% di P di soluzioni tramite riproduzione
 - § Selezionare l'1% di P delle precedenti soluzioni e sottoporle a mutazione
- § Passo 4: Porre $N_{gen}= N_{gen}+1$ e ripetere il passo 2 fino a che $N_{gen} < G$.



Gli Algoritmi Genetici per la Soluzione del TSP

Problemi di Ottimizzazione Gestione Riordini e Fabbisogni

La modellizzazione della gestione dei fabbisogni è stata ottenuta attraverso l'implementazione di una serie di algoritmi di riordino nel quale fosse, ad ogni ordine ricevuto, verificata l'effettiva disponibilità di materiale ed eventualmente emesso l'ordine corrispondente fino al conseguimento di una determinata soglia (gestione a livello di riordino) oppure una quantità fissa detta lotto ordine. La presenza di una scorta di sicurezza customizzabile a livello di singola referenza comporta la possibilità di poter attuare diverse strategie gestionali e, attraverso il modulo di analisi dei livelli di oneri, valutarne le performances.

La gestione del momento per effettuare il riordino può, oltre che in funzione di un parametro di anticipo ordini, essere impostata ricorrendo al calcolo dell'estimated completino time (ECT) con il quale si attua la politica gestionale scorte MRP. Attraverso il calcolo a ritroso del fabbisogno e la stima del Lead Time vengono piazzati gli ordini di approvvigionamento in maniera tale da soddisfare i bisogni futuri del processo produttivo.

Ottimizzazione della Gestione della Negoziazione (Trasparenza alla Negoziazione)

La gestione della negoziazione è condotta mediante la specifica dei due parametri comportamentali già descritti in precedente, con tale metodo si possono attuare differenti strategie di approccio alla negoziazione. Un altro parametro di grande importanza in questo scenario è relativo alla attitudine che un soggetto attivo ha nel comunicare ai partner le proprie situazioni (trasparenza alla negoziazione), a seconda della facilità con il quale ogni soggetto ricorre alla negoziazione si possono manifestare differenti casi caratterizzati da altrettanti scenari di costo e prestazionali.

All'interno di una supply-Chain, infatti, la rinegoziazione dell'ordine influisce particolarmente sia sulle attività finanziare sia su quelle produttive di ogni azienda interna al sistema. In prima approssimazione si prende in considerazione il fatto che un'eventuale richiesta di modifica dell'ordine avvenga esclusivamente a causa di ritardi di una o più componenti del sistema. Non vengono, in tale approssimazione, trattati casi in cui una azienda richieda anticipi rispetto alla data di consegna originaria. Prendendo in esame solamente due parti, Main Contractor, Sub Contractor, si definisce come un eventuale ritardo influisca sulla gestione delle due aziende. Nel ipotesi che sia il Main Contractor in ritardo, il Sub Contractor potrebbe ritrovarsi anch'esso in ritardo oppure no. Nel primo caso il Main è predisposto a ridurre la penale del sub, sia perché il ritardo del sub non è comunque determinate sulle prestazioni del Main, sia perché il ritardo del sub in realtà genera un benefit. Infatti se il sub non fosse stato in ritardo il main sarebbe stato obbligato ad acquistare il semilavorato dal sub, anticipando la spesa del pezzo rispetto l'utilizzo, con l'aumento dei costi di giacenza dovuti. A livello gestionale, assume importanza il fatto che a fronte di un incremento sensibile del ritardo su da parte di un soggetto, questi decida di comunicarlo all'altra parte o meno. Infatti, la scelta di comunicare il ritardo è determinata dalla certezza che la penale dovuta subisca ridimensionamento in quanto il ritardo è stato comunicato con il giusto anticipo. La scelta di non avvisare il partner è dovuta al fatto che tale ritardo potrebbe essere mascherato da un eventuale ritardo del partner stesso. Per la valutazione di ogni singola circostanza si fa riferimento ad un'idonea matrice dei pagamenti. Si considera che all'istante t_1 sia il Main che il Sub abbiano la possibilità di rinegoziare l'ordine C_x la cui due-date è prevista per il tempo t_2 .

		Main Contractor		
		In Ritardo		Non in Ritardo
		Comunica (Collabora)	Non Comunica (Non Collabora)	
Sub Contractor	In Ritardo	-1; -4 9	-2; -3 7	-2; -3 3
	Non in Ritardo	0; -6 8	-4; -1 6	-4; -1 2
		-1; -6 5	0; -7 4	0; 0 1

Matrice dei Pagamenti della Negoziazione

In aggiunta, la decisione di rinegoziare o meno avviene senza che nessuno dei due soggetti abbia informazioni sulla situazione dell'altro. A seconda che uno dei partner, o entrambi, siano in ritardo, si possono verificare nove distinte situazioni, nelle quali entrambe le parti hanno un vantaggio diverso a chiedere uno spostamento della due-date ad un tempo minore o uguale di t_3 con $t_2 < t_3$. All'interno di ogni rettangolo vengono indicati i costi aggiuntivi dovuti al ritardo, attribuiti ad ciascuna delle due entità (primo numero per il Sub, secondo per il Main), rispetto ai costi effettivi nel caso in cui la commessa giunga a termine correttamente.

- § *caso 1*: è il caso in cui sia il sub che il main non sono in ritardo sulla commessa, quindi per entrambi non vi è alcun esborso aggiuntivo;
- § *caso 2*: è il caso in cui il fornitore si accorge di essere in ritardo, ma sperando che all'istante t_2 il main non sia pronto a ricevere il componente, decide di non comunicare il ritardo accumulato cercando così di non dover pagare alcuna penale. Ma alla due-date il sub non riesce a consegnare il proprio pezzo. Questo crea ritardo generale su tutta la commessa, costringendo il main a pagare una penale, la quale viene ricaricata sul fornitore dal main stesso, facendogli pagare interamente la quota decisa precedentemente.
- § *caso 3*: in questo caso il fornitore decide di comunicare al main il proprio ritardo, sperando in una riduzione della penale. Il main difatti, pur essendo puntuale sulla commessa all'istante t_1 , ma avendo saputo in anticipo l'impossibilità di soddisfare il cliente in tempo, e volendo premiare il sub per la sua fedeltà, decide per una riduzione per la penale
- § *caso 4*: ora è il fornitore ad essere in ritardo. Questo decide di non comunicarlo al sub, sperando che anch'esso non sia puntuale e quindi obbligandolo a pagare una penale. In questo caso comunque il fornitore riesce a consegnare con regolarità il semilavorato, costringendo quindi il main ad anticipare l'acquisto del suo componente rispetto al momento del reale utilizzo. Da questa situazione ne consegue un aumento dei costi dovuti sia alle spese di giacenza e sia alla leva finanziaria
- § *caso 5*: il main decide di avvisare del ritardo. Il sub di conseguenza si organizza per posticipare la consegna, rischiando di aumentare le proprie spese, ma mostrandosi collaborativo nei confronti del main.
- § I restanti casi sono i casi in cui entrambi sono in ritardo, ma vi è comunque la possibilità di preavvisare il proprio partner o meno:
- § *caso 6*: tutti e due non avvisano del ritardo, ma tale situazione coincide con quella del caso 2 in quanto il main non avrà dei costi aggiuntivi ai costi della penale, (es. oneri finanziari), poiché il sub non riesce comunque ad consegnare il prodotto in tempo. Rimane tuttavia il diritto del main ad esercitare la penale.
- § *caso 7*: il sub decide di avvisare del suo ritardo il main ed in questa situazione vi è una corrispondenza con il caso 3: infatti il main generalmente riconosce uno sconto sulla penale da assegnare al sub.
- § *caso 8 - caso 9*: il main avvisa del proprio ritardo; nell'ipotesi che il sub non comunichi il suo ritardo, questi non avrebbe un aumento dei costi, mentre nel caso in cui decidesse di comunicarla si addiverrebbe, probabilmente, ad un accordo caratterizzato da un livello di penali più basso.

I valori presenti nella matrice dei pagamenti possono dipendere da più fattori, quali la confidenza tra le due parti, il valore economico del semilavorato o la dimensione del ritardo accumulato. Resta tuttavia a carico di ogni soggetto il compito di modellare, sulla base della propria sensibilità, l'ideale rappresentazione della matrice dei pagamenti che meglio identifica la propria propensione all'accordo o alla trasparenza nei confronti del resto dei soggetti attivi della Supply Chain.

COORDINAMENTO DELLA CONVALIDA DELLA FEDERAZIONE

DIP, Università di Genova

Come già ampiamente trattato nelle sezioni precedenti del presente documento si è registrata una difficoltà da parte delle sedi consorziate di sviluppare gli strumenti software previsti pertanto il DIP dell'Università di Genova ha provveduto ad effettuare l'intera implementazione dei vari federati utilizzando i propri modelli ed i propri strumenti applicativi. La convalida della federazione si è dunque avuta nella sede di Genova attraverso la conduzione di un'idonea campagna sperimentale secondo quanto previsto dai piani di test del gruppo di ricerca stesso.

In particolare l'attività di convalida ha visto la partecipazione, nel corso dei meeting di demonstration preliminare di numerosi esperti di simulazione che hanno così potuto valutare i parametri prestazionali del sistema sviluppato. Tra i vari membri del gruppo di ricerca sono stati in particolar modo presenti i colleghi nordamericani:

Edward J. Williams: esperto di simulazione applicata al manufacturing presso l'Advanced Manufacturing Technology del gruppo Ford Motor Compani ed attualmente Senior Consultant della PRC Corporation.

Robert Signorile: Esperto di Simulazione e Sistemi Agent Based docente di Computer Science al Boston College.

ANALISI E TEST DELLE LOGICHE DECISIONALI DI CIASCUN AGENTE

DIG, Politecnico di Milano

Introduzione al concetto di agente autonomo

La ricerca condotta in questi due anni ha avuto come effettivo filo conduttore l'individuazione e, soprattutto, la verifica della validità di quel set di tecniche innovative, considerate come promettenti sistemi capaci di apportare benefici al mondo della gestione e della progettazione dei sistemi produttivi e logistici (supply chain). Primo passo della ricerca è stato innanzitutto l'identificazione di tali tecniche considerabili innovative, arrivando a coinvolgere ed approfondire diverse aree di ricerca già in via di sviluppo in altri mondi. Le tecniche lambite dalle diverse sedi sono state numerose, dai sistemi esperti agli algoritmi genetici, agli agenti autonomi. Presso il Politecnico di Milano è stato in particolare approfondito l'impiego della tecnica degli agenti autonomi, derivata in parte dalle intelligenze artificiali, nell'ambito della supply chain fornita dal caso industriale Piaggio. Una supply chain è evidentemente un ambiente complesso, composto da più attori decisionali diversi e separati, come risultano essere le diverse aziende che collaborano alla creazione di un bene. In un sistema così complesso come risulta una supply chain, ogni singolo nodo produttivo deve essere progettato in maniera tale da rispondere al meglio alle richieste del nodo che lo segue nella filiera (cliente), ma parallelamente a sua volta deve vedere soddisfatte le proprie richieste impartite al nodo che lo precede (fornitore - supplier). Ne risulta che la stesura di una catena produttiva deve essere il più possibile il risultato dell'interazione di progettazione di più attori - uno per ogni nodo - mutuamente coinvolti nell'obiettivo condiviso di creare valore lungo la filiera, e partiticamente divisi nella ricerca dell'ottimo locale. In altre parole, i diversi attori decisionali coinvolti nel processo di progettazione devono poter disporre di tecnologie e strumenti che li supportino nel design congiunto (co-design) del sistema complessivo SC. Tale attività deve essere fondamentalmente cooperativa, né può essere esaurita con un unico processo centralizzato, giacché, così facendo, si snaturerebbero due principi cardine del sistema produttivo medesimo: la sostanziale autonomia che ogni nodo produttivo - riconosciuto nel paradigma SC - ha nella realtà, nonché la strutturale separazione geografica degli stessi attori.

Un ambiente SC è pertanto un sistema produttivo complesso composto da singole entità decisionali che devono mutuamente cooperare per la realizzazione di un prodotto finale, qualunque esso sia (ad es. bene o servizio). La cooperazione tra le diverse entità è la base per l'ottenimento del risultato finale, misurato in termini di prestazioni. Le tecniche che si propongono come innovative forniscono una serie di approcci in grado di supportare la gestione di tale cooperazione, diretta

secondo differenti regole ed archetipi, intervenendo come strumenti di appoggio per la progettazione del sistema in primis e per il mantenimento in itinere in secondo. Nel paradigma degli agenti autonomi un sistema complesso può essere scomposto in più enti indipendenti, dotati di una propria “intelligenza”, interagenti l’un l’altro secondo differenti logiche. Il parallelismo con il contesto produttivo della SC è pressoché lapalissiano, dato la SC stessa è composta – per definizione – da enti indipendenti “intelligenti”. Quindi, la tecnica degli agenti autonomi è parsa subito fornire un approccio metodologico utile sia per la progettazione che per la gestione del contesto complesso SC, in quanto consente intrinsecamente di rispettare quei vincoli individuati nel corso dell’identificazione della problematica.

Nella visione degli agenti autonomi, ogni singolo nodo aziendale risulta un agente indipendente, connesso al mondo esterno attraverso relazioni ed interazioni standardizzate e definite a priori. In questo senso, ogni modello di simulazione sviluppato nella federazione Piaggio risulta essere un agente autonomo. In questo senso, infatti l’uso della tecnologia della simulazione distribuita consente di non perdere il vantaggio della separazione dato dalla tecnica degli agenti autonomi, ed altresì contribuisce a soddisfare i vincoli dati nell’individuazione del problema, quale la distribuzione geografica degli attori decisionali (di fatti ogni modello è residente in un calcolatore distinto) e l’indipendenza dei nodi produttivi.

Nell’ambito della ricerca WILD, due sono stati i filoni seguiti dal Politecnico di Milano nello studio degli agenti autonomi applicati al mondo della supply chain:

1. Da un lato, si è provveduto a proporre una metodologia di interazione e validazione del sistema supply chain visto come una federazione HLA di agenti autonomi. Tale procedura è descritta nel prossimo paragrafo.
2. Dall’altro, si sono sperimentate delle applicazioni di modelli ad agenti autonomi alla schedulazione della produzione in ambiente distribuito. Tale sperimentazione è illustrata nel paragrafo “Prototipo software delle tecniche basate su agenti”.

Procedura per la gestione di una SC simulata secondo l’approccio ad agenti

In questo paragrafo si vuole presentare la procedura ideata presso il Politecnico di Milano mirata all’ottimizzazione della supply chain attraverso l’uso della PDS (*Parallel and Distributed Simulation*) implementata attraverso la federazione WILD.

La procedura sviluppata è stata discussa in sede di un convegno internazionale (Cirp, Spoleto, Luglio 2002) dedicato ai sistemi multiagenti, come proposta derivata dagli studi condotti al Politecnico di Milano nell’ambito del progetto WILD II. Tale proposta deriva infatti dagli studi che da anni sono portati avanti al Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Gestionale, nell’ambito delle intelligenze artificiali e dei sistemi multi-agenti in particolare applicati ai sistemi produttivi e logistici.

La procedura proposta è composta da quattro passi sostanziali. Tali passi sono stati seguito dal Politecnico di Milano nell’ambito del progetto WILD II, come precedentemente illustrato; pertanto la procedura è descritta facendo direttamente riferimento alla federazione Piaggio ed al modello Plyform.

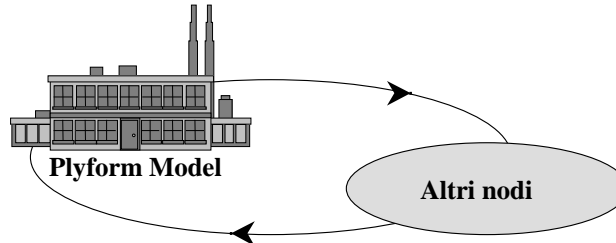
STEP 1 – Costruzione e validazione del modello di Supply Chain (SC)

Per poter validare più moduli indipendenti di simulazione, il comportamento di ogni singolo modello della SC deve essere testato sulla base delle risposte effettivamente prodotte dagli altri nodi della rete logistica. Un modo efficace per poter adempiere a questo obiettivo è quello di eseguire una serie di simulazioni off-line, senza la necessità di interagire all’interno di una federazione attiva. In altre parole, questo comporterebbe l’esecuzione contemporanea di una o più run di simulazione in modo tale che ogni nodo possa confrontare il proprio modello sulla base del “comportamento ai morsetti” degli altri nodi.

I singoli modelli sarebbero dunque interfacciati in un sistema in grado di emulare il comportamento degli altri partner della SC di Piaggio: le risposte in uscita verrebbero in seguito valutate dai

responsabili di tutti i nodi appartenenti alla SC per poterne convalidare l'aderenza con la realtà produttiva.

Questo è l'approccio adottato da alcuni dei partner della federazione (Genova, Milano, Firenze), I diversi modelli sono stati integrati in una federazione WILD di test, ove i diversi federati sono stati emulati dal comportamento del modello centrale di Piaggio, attraverso un semplice delivery lead time, a media e varianza stocastiche.



Schematizzazione dell'interazione tra il modello Plyform e il sistema di emulazione della SC

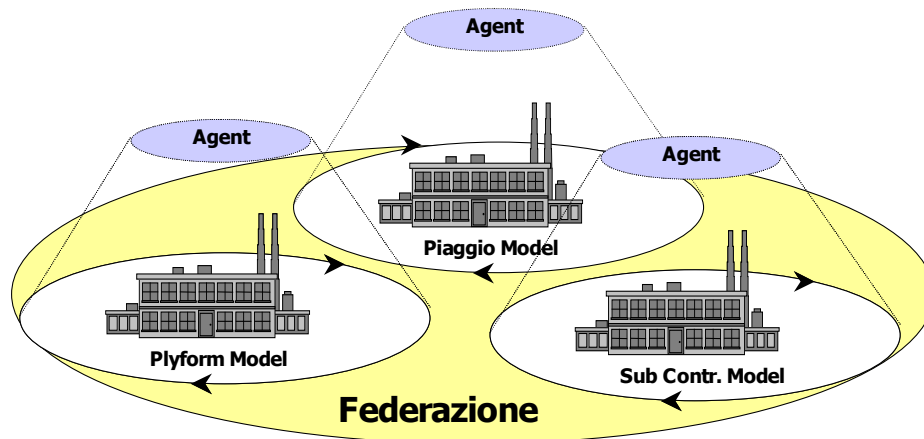
STEP 2 – D.O.E. indipendente dei nodi logistici coinvolti

Dopo la validazione di tutti i modelli coinvolti, si è in grado di poter testare differenti politiche di gestione e/o assetti produttivi attraverso il confronto di diverse alternative. Ogni nodo procede all'effettuazione di un design fattoriale completo off-line, i cui risultati vengono collezionati ed analizzati localmente: questo significa che tali informazioni non sono divulgate o condivise con altri nodi del network, in modo da preservare l'indipendenza dei diversi attori all'interno della SC. Ad esempio, Plyform può anche sperimentare politiche gestionali attribuendo a Piaggio ordini di priorità inferiori rispetto a quelli riservati per altri clienti, senza dover interagire con gli altri federati; in questo senso, i manager di Plyform possono così operare scelte strategiche in maniera del tutto indipendente. E' altresì possibile che una certa politica si dimostri altamente performante in relazione ad alcuni parametri di misura, ma contemporaneamente deficitaria se rapportata ad altri criteri di valutazione. Le informazioni del D.O.E. vengono perciò registrate e immagazzinate da un Agente Autonomo, incaricato della gestione del modello di simulazione della realtà aziendale in esame. In un certo senso si può dire che l'Agente Autonomo matura una conoscenza del sistema "ai morsetti".

Come precedentemente illustrato, l'analisi condotta sul progetto fattoriale del modello Plyform vanta uno scenario costituito da 12 differenti condizioni fattoriali.

STEP 3 – Simulazione sulla configurazione di base

Da un punto di vista teorico esisterebbe la possibilità di eseguire il fattoriale completo anche in modalità on-line, ma questo comporterebbe la necessità di indagare il fattoriale dei fattoriali di tutti i nodi, idea chiaramente irrealizzabile dato lo sforzo computazionale richiesto: occorre quindi pensare ad un approccio di tipo euristico in cui una configurazione viene dapprima testata, ed in seguito i risultati forniti vengono immagazzinati in ogni Agente Autonomo. Per evitare inutili ricircoli con lo STEP 1, si considera congelata la situazione iniziale e si procede con la simulazione coordinata di tutti gli attori (operanti in modalità on-line), i quali si impegnano formalmente a partire dalla situazione dichiarata. La conoscenza della configurazione di base congiuntamente all'abilità di apprendimento e di valutazione di ogni Agente Autonomo, offrono la possibilità di una modifica scansionata e progressiva del sistema, senza dover ricorrere a nuove sperimentazioni off-line; questo tipo di operazione viene descritta in dettaglio nel passo successivo della procedura. Durante l'esecuzione di una run di simulazione (o un set di run) con l'assetto di regolazione previsto per il sistema, qualcuno dei nodi (tipicamente uno) andrà in ritardo. Questo step è quanto si è effettivamente realizzato quando si sono eseguite le diverse federazioni.



Coordinazione tra i diversi agenti autonomi nella simulazione distribuita.

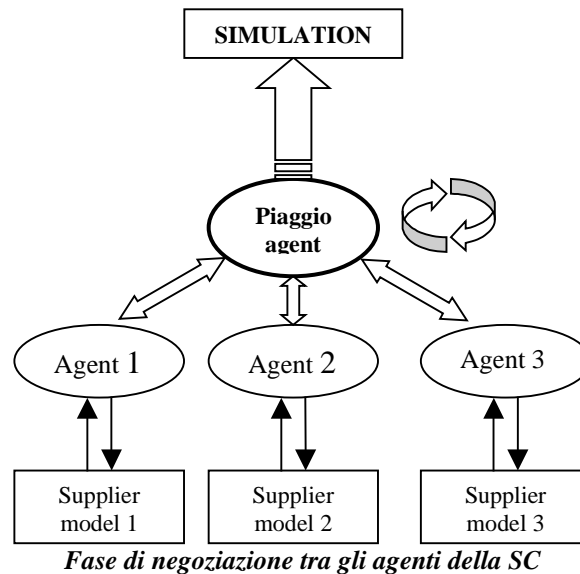
STEP 4 – Negoziazione

Conclusa la simulazione, il singolo agente incaricato di gestire il modello di un fornitore non è in grado autonomamente di giudicare se questa ha prodotto un risultato globalmente buono o meno. L'unico agente che può entrare nel merito di tale valutazione è quello incaricato di gestire il modello di Piaggio. A questo punto tale agente potrà:

- § porre fine alla simulazione se ritiene l'output soddisfacente, rispetto a determinati livelli di prestazione predefiniti dai responsabili di Piaggio;
- § porre fine alla simulazione se l'agente ha esaurito il numero massimo di simulazioni concesse; in questo caso, l'agente sceglierà la migliore tra tutte le alternative esplorate, secondo un criterio di analisi pesata degli indicatori in termini di costi;
- § analizzando il vettore dei parametri di performance, identificare il parametro (o i parametri) rispetto ai quali l'ultima configurazione testata risulterebbe "sottoperformante"; in tal caso l'agente viene a conoscenza dei parametri sui quali è necessario concentrarsi. Lo scopo è quello di restringere il campo di azione dell'analisi, focalizzando l'attenzione su un numero di fattori sempre più limitato. In particolare l'Agente Autonomo Piaggio può rivolgere agli altri agenti fornitori una domanda del tipo "occorre concentrarsi sui ritardi di consegna dal momento che questi influenzano negativamente la politica gestionale adottata: quali sono le leve sulle quali è possibile agire per ridurre il massimo ritardo?" A questo punto i vari agenti fornitori potranno rispondere a Piaggio comunicandogli:
 - qual è la leva gestionale sulla quale si dovrebbe prioritariamente intervenire per agire sul parametro di performance identificato (sulla base dell'esperienza accumulata);
 - quale sarebbe il costo che Piaggio dovrebbe sostenere per un tale intervento di modifica. L'agente fornitore si farebbe carico di tutta la gestione interna necessaria alla variazione richiesta (es. spostare la percentuale massima di ordini urgenti accettabili dal 10 al 15% prevede un costo X);
 - nel caso Piaggio giudicasse il costo proposto troppo elevato, quest'ultimo si farebbe promotore di un offerta economica, rispetto alla quale l'agente fornitore risponderebbe con una variazione di prestazione (es. a fronte di un offerta di X, l'agente fornitore riesce a spostare la massima percentuale di ordini urgenti dal 10 al 12%).

A fine negoziazione viene aggiornato l'assetto del nuovo scenario secondo i parametri previsti; la configurazione ottenuta viene dunque assunta come nuova configurazione di base, sulla quale reiterare le operazioni esaminate nello STEP 3 (figura seguente). La nuova soluzione fornirà a Piaggio parametri di costo diversi dai precedenti. Man mano che si eseguono le varie sperimentazioni on-line, gli agenti hanno dei nuovi feed-back sul loro operato: in questo modo si può ipotizzare un efficiente meccanismo di apprendimento. Se le prime negoziazioni sono quindi almeno in parte guidate dal caso, i riciccoli successivi di simulazione on-

line/negoziatore/simulazione on-line, tenderanno a muoversi verso soluzioni di maggiore efficienza globale. Gli agenti infatti accumulano progressivamente nuove informazioni, sulla base delle quali possono basarsi sia in fase di selezione delle leve di azione più opportune da adottare, sia in sede di negoziazione del costo per la modifica di tali leve.



Tale proposta di interazione è stata in parte vagliata all'interno della ricerca ed in parte implementata con la stesura delle specifiche di negoziazione a livello generale di federazione. Il modello Plyform, come già detto, non è stato però integrato con tali specifiche, in quanto le modalità proposte non sono risultate del tutto attinenti con la realtà simulata. In questo senso quindi non si è potuto realmente verificare la procedura proposta, data anche la mole di calcolo che i diversi steps comportano. In termini generali è possibile asserire che l'approccio proposto dalla procedura pare essere metodologicamente corretto, anche se deve strettamente calato all'interno del case study oggetto di studio.

PROTOTIPO SOFTWARE DELLE TECNICHE BASATE SU AGENTI

DIG, Politecnico di Milano

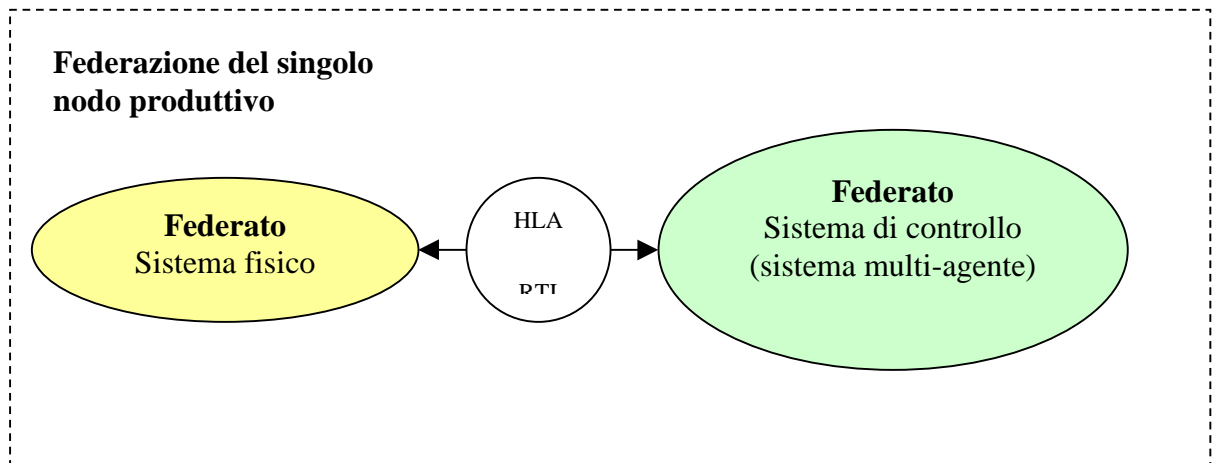
In questo paragrafo si vuole presentare la seconda area di studio dei sistemi multi agenti applicati alla supply chain, concernente lo sviluppo di un sistema di scheduling ad agenti applicato ad una realtà produttiva.

Come precedentemente descritto, un sistema produttivo (un nodo di una filiera produttiva) è composto da un sistema fisico (le risorse produttive presenti) e da un sistema che gestisce il sistema fisico medesimo e la produzione ivi eseguita, genericamente denominato "sistema di controllo". I due sistemi sono intrinsecamente uniti e posti in relazione dalle intuibili continue informazioni che si scambiano (ordini di produzione, stato del sistema fisico...).

Come noto, il sistema di gestione può essere sviluppato ricorrendo a diverse soluzioni tecnologiche (ad esempio i Wild sono testati algoritmi genetici, reti fuzzy, sistemi ibridi...). Una delle tecnologie innovative applicate al sistema di gestione e controllo di un sistema produttivo è per l'appunto la tecnologia degli agenti autonomi.

All'interno della ricerca Wild, si è voluto testare l'applicazione estrema di tale visione dicotomica di sistema fisico e sistema di controllo, cercando di sviluppare una federazione in cui i due sistemi diversi costituiscono due federati indipendenti, posti in relazione dalle regole di HLA. In particolare, il sistema di controllo che si è voluto andare a sperimentare è stato sviluppato secondo

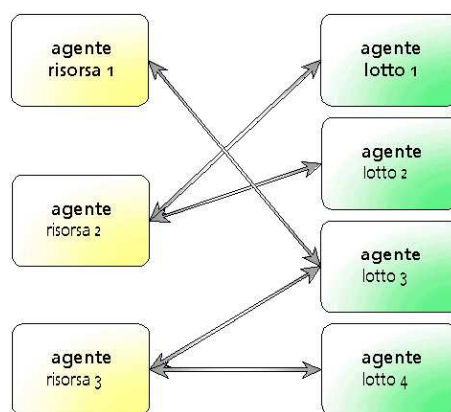
un noto modello del mondo dei sistemi multi agenti, da anni applicato alle problematiche di scheduling, noto come modello di Solberg-Linn.



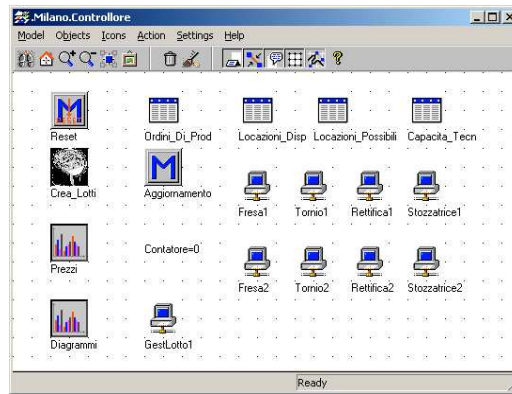
Prototipo di federazione simulatore – schedulatore ad agenti

I due sistemi sono stati sviluppati come due modelli in eM-Plant (ex Simple++) indipendenti, integrati tramite una simulazione distribuita (federazione del singolo nodo) in HLA. Per realizzare tale federazione, sono stati definiti degli standard per la comunicazione fra sistemi, in particolare modo differenziando le comunicazioni riguardanti oggetti persistenti, come i centri di lavorazione, e quelle riguardanti ordini di produzione. In termini sommari, il federato “sistema fisico” invia al federato “sistema di controllo” informazioni riguardanti lo stato delle diverse risorse. In contraccambio, il federato “sistema di controllo” invia al sistema fisico degli ordini di produzione e degli ordini di controllo.

La schedulazione degli ordini di produzione è elaborata dal sistema multi agenti a modello Solberg-Linn implementato nel sistema di controllo. In tale modello, ogni risorsa produttiva presente nel sistema fisico ha un proprio corrispettivo agente autonomo nel sistema di controllo. Inoltre, ogni ordine di produzione (al minimo descrivibile come un lotto di produzione) fisicamente presente nel sistema fisico ha un proprio corrispettivo agente autonomo nel sistema di controllo. La schedulazione è il risultato della negoziazione che si instaura tra le due categorie di agenti.



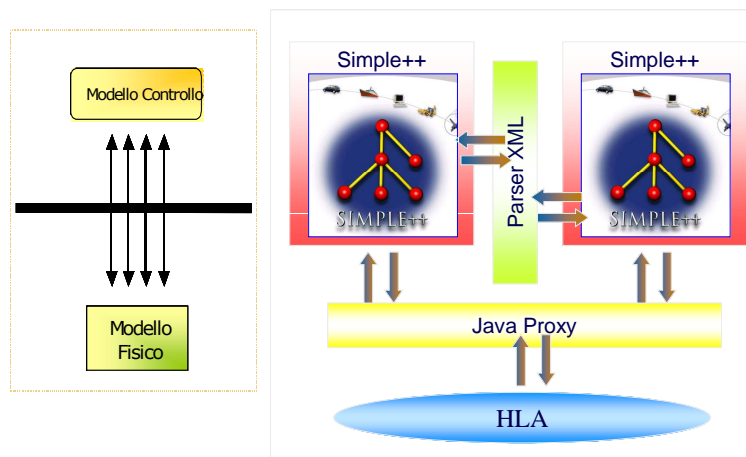
Negoziazione nel modello Solberg-Linn



Federato Sistema di Controllo

In tale contesto, sviluppato in accordo con l'Università di Firenze, è stata definita una architettura per il trasferimento delle informazioni che risolve il problema della sincronizzazione delle informazioni che si era presentato nella precedente ricerca Wild. In particolare, si è implementato nella federazione il sistema del NextEventRequest come meccanismo di avanzamento del tempo, che assicura che tutti i modelli di simulazione partecipanti siano sempre sincronizzati e che non possa accedere che uno dei due avanzi nel tempo senza aver ricevuto le informazioni necessarie per avanzare.

L'architettura è stata sviluppata ricorrendo all'approccio Proxy creato in Wild I per l'interfacciamento di federati sviluppati con simulatori commerciali. È stato inoltre sviluppato un prototipo di parser XML, attraverso il quale facilitare la creazione delle comunicazioni presenti nella federazione HLA.

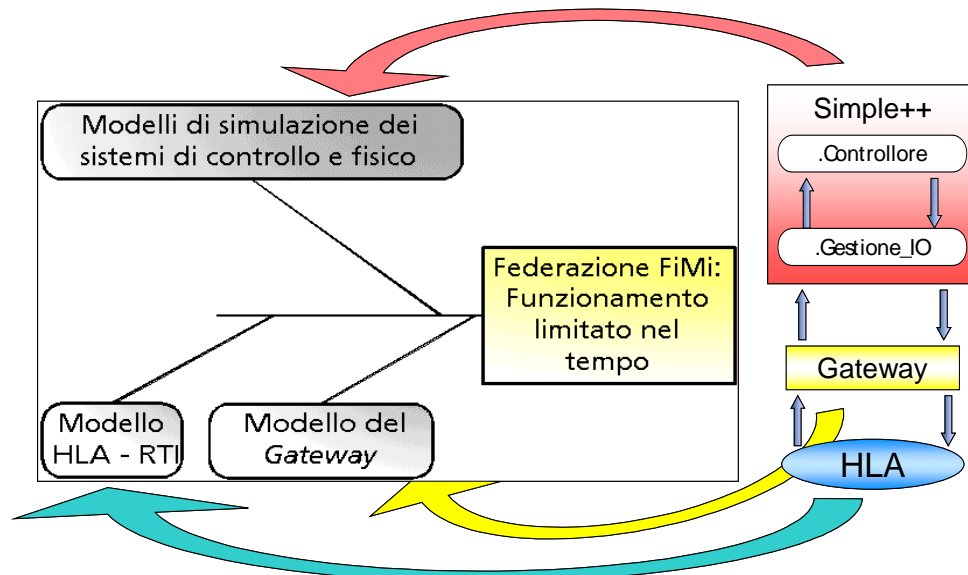


Architettura sviluppata con Firenze

ANALISI E TEST DEL PROTOTIPO AGENTI

DIG, Politecnico di Milano

Il prototipo ad agenti sviluppato è stato eseguito più volte in rete locale, presentando alcune problematiche, sostanzialmente dalla natura informatica, relativa all'integrazione Simple++ ed HLA. Trascurando tali problematiche, ritenute risolvibili con un approfondimento di tipo informatico, occorre sottolineare che il prototipo, in quanto tale, è stato sperimentato soltanto in una data situazione produttiva, mentre non si è eseguita una reale campagna di sperimentazione. Inoltre, il sistema produttivo modellizzato è stato un semplice test case, inventato dagli autori.



Schema delle problematiche riscontrate nel prototipo

In questo senso, occorre onestamente aggiungere che la ricerca sviluppata dal DIG necessita di ulteriori sviluppi: (i) risoluzione delle problematiche di natura informatica; (ii) ampliamento del prototipo ad un test case di impatto significativo (es. test case supply chain Piaggio); (iii) studio di una campagna di sperimentazione completa va detto che per queste ragioni i modelli ad agenti implementati e sperimentati nella federazione WILD-Piaggio nel suo complesso sono stati solo quelli sviluppati dal DIP dell'Università di Genova.

Infatti i passi degli sviluppi del DIG sono stati ideati nella ricerca attuale, in seguito a tutte le considerazioni e conoscenze maturate in questi anni. In effetti, i principi di simulazione distribuita (HLA e quanto collegato) e separazione dei sistemi produttivi in sistema fisico e sistema di controllo sono il diretto risultato degli studi condotti in Wild I e II. Tali futuri sviluppi saranno certamente implementati in nuovi progetti, alcuni dei quali sono già oltre la mera fase propositiva nella discussione che lega le sedi che sono state coinvolte in questi anni di ricerca. Tali principi saranno applicati a realtà anche più complesse della supply chain semplificata di Piaggio usata come test case in Wild, potendo in futuro divenire anche stabili prodotti commerciali, superiori ai semplici prototipi accademici.

PROTOTIPI DI GESTIONE INTELLIGENTE

DE "Sergio Stecco" – Sezione Impianti e Tecnologie, Università di Firenze

Il modello di simulazione di SP è fondamentalmente composto da due parti: una è relativa all'interfaccia con HLA (ovvero, ai metodi e oggetti richiesti per la comunicazione via socket con il Java Proxy), l'altra al modello del sistema fisico. Questa seconda parte è stata ampliata nel corso della ricerca introducendo alcune caratteristiche necessarie a estendere le funzionalità del framework di analisi e simulazione distribuita. Il modello, anche se realizzato per le finalità del progetto di ricerca WILD, è stato concepito seguendo una logica generale che affrontasse i classici problemi di gestione degli ordini e di schedulazione della produzione. Il risultato è uno strumento che, pur configurato sulla realtà produttiva SP, si presta all'analisi di sistemi produttivi diversi che seguono la logica della produzione di reparto. Anche la logica di gestione dei dati è improntata alla generalità del problema e non rigidamente legata agli input numerici del case study. Le caratteristiche introdotte sono tali da ipotizzare l'impiego della federazione come uno strumento a supporto della gestione intelligente della SC, dove la simulazione non è un mero strumento di validazione della fattibilità di piani di produzione in altro modo generati, ma rappresenta il dominio delle configurazioni testabili dell'intera catena logistica, a seguito dell'implementazione di tecniche

di indagine più o meno raffinate (dal convenzionale DOE fino a sistemi esperti con reti neurali, logica fuzzy, agenti autonomi, ecc).

Il modello di federato sviluppato dalla sede di Firenze dispone delle caratteristiche necessarie per implementare una logica di Gestione Intelligente della Supply Chain sia a livello locale (Federato) sia a livello aggregato (Federazione)

Tali caratteristiche sono essenzialmente:

- Capacità finita
- Negoziazione con il cliente
- Rilascio degli ordini
- Variazioni sugli ordini emessi
- Leve gestionali
- Gestione dei magazzini

Negoziazione con il MC

in un primo momento il MC richiede all'azienda la disponibilità a produrre una certa quantità di prodotti per una certa data (ordine aperto o accordo di massima); il SC risponde valutando il livello di saturazione, a partire dal proprio portafoglio ordini e garantendo o meno la disponibilità a produrre;

in un secondo momento il MC emette l'ordine di produzione (OdP) vero e proprio, sulla base del quale il modello di SC passerà alla realizzazione del lotto, secondo propri criteri di ottimizzazione

Procedura di controllo della disponibilità

nuovi ordini: il MC inoltra all'azienda una richiesta d'ordine fornendo le proprie specifiche. Il modello di SC risponde in merito sulla base delle previsioni di produzione. Il controllo avviene controllando che in ciascun reparto esista la disponibilità di risorse, al tempo previsto, secondo la logica back-schedule (al più tardi). Ciò viene fatto verificando, per il singolo reparto, il livello di saturazione. Se in ogni reparto si hanno le risorse necessarie allora il modello comunica al MC la disponibilità a produrre altrimenti viene negata la disponibilità.

Pianificazione della produzione per l'OdP

Quando in un secondo momento il MC comunica l'OdP, il modello del SC controlla che siano rispettati i tempi previsti e passa alla pianificazione della produzione nei vari reparti tramite un metodo che crea, in ciascun reparto un OdP, secondo una logica di tipo back schedule (al più tardi), in base ai tempi standard di lavorazione. Inoltre viene attivato il metodo che impegna, per quell'ordine, le risorse necessarie nei vari reparti.

In pratica si realizzano quelle operazioni che competono al LTO (Lead Time Offsetting). Così se la consegna di un lotto è prevista al tempo t^* , la produzione nel reparto A comincerà al tempo $t_{SA} = t^* - t_A$ (dove t_A è il tempo medio di lavorazione nel reparto A più un tempo di sicurezza).

Le variazioni di ordine: nel modello si considerano:

- variazioni della data di consegna;
- variazioni delle dimensioni del lotto;
- variazioni congiunte delle due.

Nell'espone la logica di questa procedura indicheremo con T_{old} , Q_{old} le "vecchie" specifiche dell'ordine da modificare e con T_{new} , Q_{new} le nuove specifiche.

Modifica dell'ordine:

per valutare la possibilità di accettare la modifica dell'ordine si è scelto di utilizzare gli stessi metodi che sono impiegati per testare la disponibilità nel caso di un nuovo ordine. Nei tre casi si procede così:

se si tratta di una variazione della quantità, si attiva un metodo che genera un ordine fittizio con specifiche T_{old} , $Q_{new} - Q_{old}$; si verifica la disponibilità a produrre questo ordine dopodiché, se ciò è possibile, si elimina tale ordine aggiornando le specifiche, ossia modificando la dimensione del lotto nelle tabelle ShopOrder di ciascun reparto e cambiando la capacità impegnata nelle tabelle OccRep;

modifica della data di consegna: in questo caso il procedimento è più articolato. Inizialmente si genera un ordine con specifiche Told, – Qold ; ciò serve a disimpegnare ciascun reparto del fabbisogno per l'ordine da modificare. Fatto ciò si genera un ordine con specifiche Tnew, Qnew (ovvero con specifiche Tnew, Qold) e si verifica in ogni reparto la disponibilità a produrre. A questo punto se si ha disponibilità si aggiornano le specifiche dell'ordine, modificando la data di inizio produzione di ciascun reparto e cambiando la capacità impegnata. In questo caso occorre riordinare le tabelle ShopOrder le righe seguono un ordinamento EDD. In caso contrario si cancella il nuovo ordine e si impegnano nuovamente i vari reparti con un ordine di specifiche Told, Qold. variazioni congiunte delle due: questo terzo caso si tratta come il punto b. con la differenza che stavolta $Q_{new} \neq Q_{old}$.

Negoziazione degli ordini:

Se il sub contractor non è in grado evadere l'ordine (o di far fronte ad una richiesta di variazione dell'ordine) con la sola capacità standard può agire in modi differenti:

- Proporre al Main Contractor la prima data disponibile per la consegna senza l'attivazione delle leve di produzione e quindi senza alcun aggravio di prezzo (focus sul prezzo)
- Attivare le leve produttive a disposizione (expediting, extra time, outsourcing) e proporre un prezzo maggiorato per la data richiesta dal Main Contractor (Focus sulla data di consegna)

In entrambi i casi esposti il MC può rispondere accettando o meno la proposta del SC

Oppure il SC può far riferimento ad un parametro "Priority" con cui il MC comunica la propria preferenza al SC. High richiede attenzione verso la data, eventualmente a scapito del prezzo; low privilegia il prezzo e meno la data. In questo caso quando giunge la richiesta si verifica la disponibilità a produrre facendo riferimento alla sola capacità standard e quindi al prezzo concordato. Qualora non sia possibile si controlla il parametro priority. Se il livello è low si cerca la prima data disponibile senza dover attivare le leve gestionali, e quindi proponendo una soluzione allo stesso prezzo; se il livello è high si cerca la prima soluzione possibile con capacità massima pari a standard+ straordinario+outsourcing generando così la soluzione più vicina alla data richiesta, al limite la stessa, ma con un prezzo maggiorato per il ricorso alle leve.

Ancora una volta si comunica al MC la risposta, il quale accetta o rifiuta.

Impiego del framework di simulazione

Nella impostazione proposta, è il MC che stabilisce gli obiettivi dell'analisi. Ipotizzando che ciascun fornitore critico possieda un modello locale, in grado di ricevere dal sistema informativo aziendale la situazione degli ordini in corso (per i vari clienti e sulle varie forniture cui partecipa), il MC può indagare, in qualunque momento, le prestazioni AS IS del sistema. MC può quindi verificare il rispetto delle date di consegna di ordini già rilasciati, o richiedere l'analisi di nuove configurazioni (derivanti, ad esempio, da nuove forniture accordate all'end-customer), in cui i volumi produttivi sono aumentati o i tempi si sono ridotti. In questo il MC potrebbe utilizzare una logica generale (ad esempio, la minimizzazione della tardiness) richiedendo l'attivazione di sforzi specifici ai partecipanti alla fornitura. MC potrebbe anche perseguire il trade-off tra il costo complessivo delle forniture e il livello di servizio offerto. In base alle caratteristiche descritte e implementate su ciascun modello locale di simulazione, i parametri di configurazione potrebbero essere variati on-the-fly, rendendo più rapida la convergenza a una condizione ritenuta ottimale. Senza entrare nel merito della logica complessiva di gestione intelligente della SC, di cui occorrerà testare le prestazioni in termini di velocità, efficacia ed efficienza, è nostra opinione che la base proposta, ovvero l'impiego di modelli flessibili per la simulazione distribuita, possa costituire un interessante punto di forza per evidenziare gli sforzi comuni verso la gestione intelligente della catena logistica, sia dal lato del MC che del SC (lo stesso modello può infatti appartenere anche a più federazioni e quindi rispondere a più di un contractor). Tutto ciò può essere conseguito anche senza la spada di Damocle dell'assoluta condivisione dei dati (portafoglio clienti, ordini in corso, stato del sistema produttivo, ecc.) tra gli appartenenti alla rete logistica.

VALUTAZIONE PRESTAZIONALE SU CASE STUDY

DE “Sergio Stecco” – Sezione Impianti e Tecnologie, Università di Firenze

Nella logica adottata restano da approfondire ulteriormente tre aspetti: la gestione della capacità massima, la definizione degli oggetti e delle interazioni per la consegna della produzione e la logica di avanzamento del tempo. Si è detto di come la capacità massima sia impostabile in forma parametrica. Non è al momento implementata alcuna logica per definire la capacità nei vari periodi. Sarebbe possibile definire un intervallo di tempo (ad es. 4 settimane) all'interno del quale la base di capacità resti costante. Un metodo di eguale periodicità potrebbe testare lo stato del sistema, per valutare un parametro significativo del carico di produzione (es: k_0). Il valore ottimale di capacità produttiva per il prossimo periodo potrebbe essere rilevato come $r_0 = f(k_0)$, stabilendo così univocamente la capacità massima da impiegare. L'efficacia della logica descritta deriva in larga misura dalla definizione della relazione tra i due fattori. Sono in corso alcune attività di sviluppo per recepire, dai contesti industriali di interesse, alcune indicazioni che possano consentire di implementare alcune forme funzionali, per poi condurre una verifica prestazionale delle ipotesi proposte. Al momento, non si hanno risultati disponibili.

METODOLOGIE INTELLIGENTI PER L'OTTIMIZZAZIONE DEGLI INDICI PRESTAZIONALI

DIMEC, Università di Salerno

Al fine di ottenere il miglioramento delle prestazioni del sistema, si è sperimentato all'interno di un modello di simulazione altamente caotico, simile per quanto riguarda le problematiche gestionali al modello simulativo già sviluppato nel corso di WILD I, un approccio mediante l'adozione di Sistemi Multi Agente (MAS). Tali sistemi, infatti, offrono la possibilità di trovare il giusto compromesso tra flessibilità ed efficienza operativa, garantendo al tempo stesso la robustezza di una fabbrica in cui le attività produttive risultino concorrenti e nella quale vi sia “competizione cooperativa” tra i differenti moduli e le differenti risorse del sistema.

Tali sistemi (MAS) sono caratterizzati dalla interazione di molte entità che cercano di risolvere i problemi in maniera cooperativa.

In questi sistemi ogni agente ha una vista singola e locale del problema e deve interagire con gli altri agenti al fine di trovare una soluzione che risulti globalmente efficiente.

La ricerca svolta ha riguardato la messa a punto di algoritmi di controllo operanti in tempo reale per lo scheduling operativo delle lavorazioni in un ambiente manifatturiero altamente incerto e variabile. Nell'ambito di tale ricerca è stato affrontato il problema della determinazione delle sequenze di invio dei pezzi ai centri di lavoro di una cella flessibile di produzione mediante una politica di controllo di tipo eterarchico e una tecnica di problem solving cooperativo in cui ciascun modulo del sistema manifatturiero reale costituisce un agente autonomo.

Gli agenti hanno visibilità degli obiettivi globali, e delle proprie condizioni di funzionamento e dello stato del sistema e negoziano i compiti da eseguire con gli altri agenti in modo da condurre il sistema verso un comportamento emergente adattivo, flessibile e con indici di prestazioni ottimali.

L'interazione e la comunicazione tra gli agenti sono state realizzate mediante un protocollo di contrattazione basato sulle leggi del mercato e regolato da un meccanismo di tipo prezzo/obiettivo.

L'obiettivo finale del controllo è quello di massimizzare l'utilizzazione dei centri di lavoro minimizzando i tempi di caricamento degli utensili ed i tempi di set up nel rispetto di alcuni vincoli di ammissibilità quali: l'osservanza della priorità dei singoli job e il rispetto delle scadenze.

Ovviamente il processo di ottimizzazione implica la ricerca di un ottimo in un insieme costituito da un grande numero di soluzioni ammissibili. Tuttavia l'analisi delle proprietà del meccanismo di transizione di stato trova nella logica del controllo distribuito e del problem solving cooperativo un'efficace euristica in grado di esibire soluzioni ottimali e promettenti.

L'impostazione del modello formale di simulazione è stata realizzata mediante il simulatore dinamico ad eventi discreti ARENA 5.0 mentre la comunicazione tra gli agenti e i risultati delle negoziazioni sono stati simulati attraverso funzioni e strutture realizzate in Visual Basic 6.0.

ANALISI FUNZIONALE DELL'AGENTE PARTE

La metodologia adoperata per la costruzione del sistema ad agenti è quella proposta da Cavalieri, Corradi, Macchi [Cav98].

L'analisi delle transizioni di stato dell'agente parte conduce alle seguenti attività:

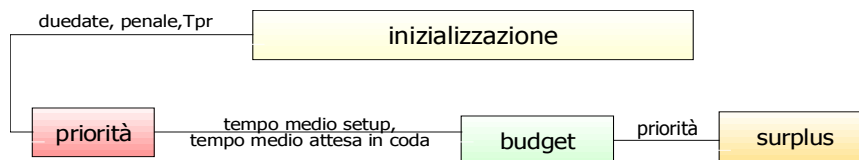
1. inizializzazione
2. costruzione task
3. valutazione offerte e invio risposte
4. scelta della migliore offerta non selezionata
5. modifica budget
6. aggiornamento Gantt

1) inizializzazione

Con l'espressione *parte*, fin qui utilizzata, abbiamo indicato l'entità fisica su cui eseguire le lavorazioni, tale espressione può indicare un elemento singolo o un aggregato (lotto), in generale supporremo che le richieste pervengano attraverso *ordini* di produzione.

Ogni *ordine* è composto da un insieme di *lotti* ad ognuno dei quali corrisponde un ciclo di lavorazione diverso, ogni *lotto* è a sua volta costituito da un certo numero di *parti* singole.

La politica di generazione degli *ordini* e la struttura dei dati contenenti le informazioni inerenti alla distinzione dei *lotti* in base alle lavorazioni e al numero di *parti* componenti ogni *lotto* verranno discusse nella parte dedicata alla simulazione del sistema multiagente, per ora ipotizzeremo che l'entità in ingresso sia il generico *lotto*.



All'istante d'ingresso nel sistema, il lotto "possiede" informazioni relative al numero d'ordine, alla data di consegna (*duedate*) e alle fasi e tempi del ciclo di lavorazione. Il tempo di processamento di ogni fase (T_{pr}) è un valore indicativo del tempo necessario alla lavorazione, il tempo effettivo (T_{eff}) della lavorazione sarà determinato dalla capacità e dalle caratteristiche tecnologiche della macchina con cui l'agente parte contrarrà la lavorazione.

Nella fase di inizializzazione il monitor agent assegna al job in ingresso la *priorità*, il *budget* ed il *surplus* da utilizzare per la negoziazione.

Il numero di negoziazioni di ogni job è pari al numero di fasi di lavorazione, pertanto alla fine di ogni lavorazione per la quale il ciclo di produzione preveda una fase successiva, il job entra nuovamente nel sistema per annunciare un nuovo task, in questa fase verrà processato in una nuova coda d'ingresso e verrà sottoposto ad una nuova inizializzazione che, per effetto delle diverse caratteristiche del task e delle mutate condizioni del sistema, produrrà risultati diversi.

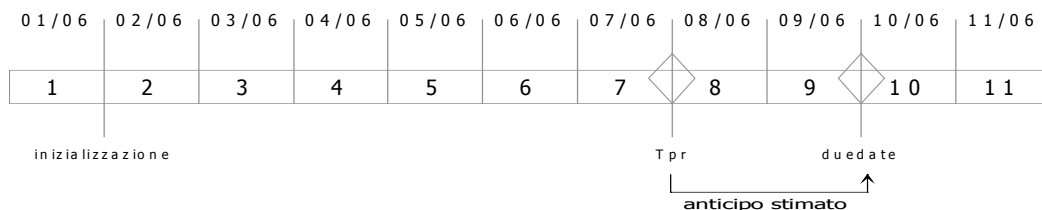
L'indice di *priorità* risulta importante ai fini della politica di gestione delle code.

Durante l'inizializzazione del lotto il monitor agent legge dal suo modulo informativo la *duedate*, ovvero la data di consegna e la presenza di una eventuale penale. La penale è un altro dato di ingresso e rappresenta il prezzo da pagare in caso di consegna ritardata; molto spesso i clienti per tutelarsi da eventuali ritardi inseriscono nel contratto delle clausole di risarcimento che gravano sulla ditta produttrice, di ciò si deve prendere atto nella politica di selezione da coda. Dato che la politica con cui vengono processati i pezzi è quella della data di consegna più prossima, si tende ad

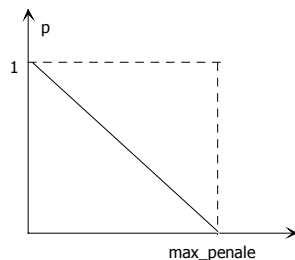
evitare che si favoriscano nell'ordine di lavorazione lotti che sono ancora all'interno del tempo massimo di consegna, a discapito di lotti in ritardo con presenza di penale; si evita, quindi, che un lotto in ritardo inneschi un processo di ritardo di tutti i lotti successivi.

La *priorità* è inversamente proporzionale all'anticipo stimato ed è data dalla seguente espressione:

$$P = \frac{duedate - Tnow - \sum_{i=f}^n T_i}{duedate - Tnow} \cdot p$$



dove : *duedate* rappresenta la data concordata per la consegna, *Tnow* l'istante in cui avviene l'inizializzazione mentre gli addendi del termine di sommatoria sono i tempi di lavorazione delle fasi di lavorazione residue del ciclo e comprese tra la fase attiva (*f*) e l'ultima (*n*) è facile osservare che il primo fattore della formula, il cui numeratore rappresenta l'anticipo stimato, è un indice lineare e inversamente proporzionale alla probabilità di incorrere nel pagamento della penale; il fattore *p*, invece, rappresenta il "peso" della penale applicata ed è il risultato della seguente funzione descritta in seguito.



$$p = \frac{\text{max_penale} - \text{penale}}{\text{max_penale}}$$

dove "*penale*" indica la penale concordata con il cliente e "*max_penale*" il valore massimo che l'azienda è disposta a pagare nei confronti di qualunque cliente e di qualunque commessa.

Si osservi che in ogni caso risulta $0 < p < 1$, pertanto il primo fattore funzione precedente sarà affetto da un coefficiente che contribuirà a ridurre l'indice di priorità (che è decrescente) aumentando così l'urgenza del job in esame. In tal modo a parità di anticipo (ritardo), vengono favoriti i job con penale maggiore.

Il valore della penale risiede in una variabile contenuta nel modulo informativo dell'agente parte, mentre *max_penale_ammissibile* è una variabile del sistema.

Come accennato precedentemente, il budget assegnato al lotto è una misura del tempo che il lotto ha a disposizione per le fasi di contrattazione e lavorazione, secondo tale logica il generico agente parte, perseguendo l'obiettivo di risparmiare denaro sarà condotto a scegliere le soluzioni che minimizzano il tempo di attraversamento del sistema.

Il budget assegnato al lotto è dato quindi dalla somma di 3 componenti:

1. indice medio di attrezzaggio.
2. indice medio di attesa in coda.
3. tempo stimato di processamento dell'intero lotto.

L'*indice medio di attrezzaggio* viene calcolato come una funzione di stato del sistema in un dato momento, esso è dato dalla media aritmetica dei tempi di set-up necessari alle macchine candidate per eseguire la lavorazione corrente.

Di fatto quando il job giunge al sistema viene analizzata la lavorazione da eseguire (ovvero il particolare attrezzaggio richiesto) e si calcola, da una tabella memorizzata in un database locale e per ogni macchina in grado di compiere la particolare lavorazione richiesta, il tempo di passaggio dall'attrezzaggio corrente a quello richiesto. Indicando con l'espressione:

“*tempo_medio_setup_{ijk}*” il tempo necessario alla macchina *i*-sima per passare dall'attrezzaggio *j* a quello *k*, l'indice medio di attrezzaggio per il lotto considerato sarà:

$$T_{su} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{tempo setup}_{ijk}$$

Si osserva che quando all'ingresso di una stazione di lavoro è presente una fila d'attesa, l'attrezzaggio corrente della rispetto al quale calcolare il tempo locale di setup ai fini della determinazione del suo valore medio, è considerato come quello necessario per svolgere la lavorazione dell'ultimo job in coda.

l'indice medio di attesa in coda è anch'esso una funzione dello stato del sistema e viene calcolato come la media aritmetica dei tempi di attesa in coda alle macchine. Esso è dato dall'espressione:

$$T_{coda} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n}$$

Dove risulta:

$$q_i = \text{tempo_di_attesa_in_coda_alla_macchina_}m_i$$

la prima data libera della *i*-sima risorsa *m_i* viene calcolata dal diagramma di Gantt della macchina mediante informazioni contenute nel modulo dati dell'agente risorsa. La valutazione di tali indici viene eseguita limitando il campo d'indagine alle sole macchine in grado di eseguire la lavorazione richiesta.

Il tempo stimato di processamento dell'intero lotto, indicato con *T_{pr}* è una stima del tempo necessario per la lavorazione, esso è un dato contenuto nel modulo informativo dell'agente parte e non deve essere confuso con il tempo effettivo di processamento che verrà comunicato dalle rispettive macchine attraverso l'offerta di lavorazione e che concorre a determinare il prezzo dell'offerta stessa.

Alla fine risulta:

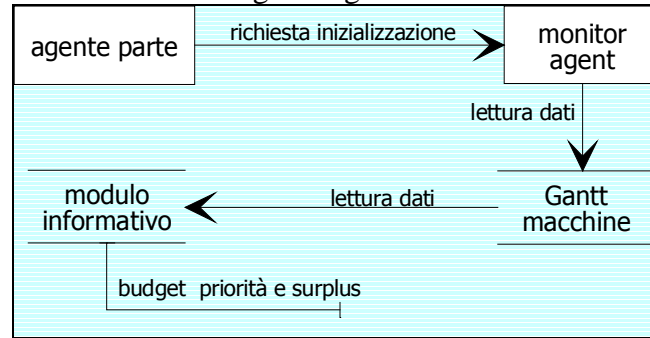
$$\text{budget} = T_{su} + T_{coda} + T_{pr}$$

oltre al budget viene assegnato il surplus, esso definisce l'anticipo locale del job per la lavorazione in corso ed è calcolato come segue:

$$\text{surplus} = (\text{duedate} - T_{now} - T_{pr}) / \text{fasi residue di lavorazione}$$

Si osservi che il surplus assegnato è direttamente proporzionale allo slack del job, inoltre, esso è diviso per il numero di lavorazioni residue in modo che ad ogni negoziazione venga attribuita un'aliquota dell'anticipo totale del job. È utile osservare che le attività che caratterizzano la fase di inizializzazione vengono ripetute ad ogni fase del ciclo di lavorazione, in questo modo il sistema viene aggiornato continuamente, la priorità è attualizzata sempre rispetto alle lavorazioni residue del ciclo, il budget ed il surplus vengono riferiti alla lavorazione che la parte attende di acquistare e infine, si evita che eventuali job con maggiore urgenza rispetto a quello in lavorazione subiscano inutili ritardi in attesa che si completi il ciclo corrente di lavorazione.

Il flusso dei dati descritti è mostrato nella figura seguente.



Flusso dei dati

2) costruzione del Task

Per poter intraprendere la negoziazione l'agente parte del generico lotto deve costruire il task ovvero una richiesta del tipo di servizio richiesto da inviare a tutti gli agenti risorsa questa operazione è divisa nelle seguenti fasi:

- definizione lavorazione
- preparazione e invio dell'annuncio task

la prima fase definisce il tipo di lavorazione che deve essere eseguita (tipo di lavorazione, tipo di utensile, velocità di asportazione truciolo ecc.), la seconda fase consiste nella preparazione dell'annuncio vero e proprio. Le informazioni necessarie per lo sviluppo di tale attività sono attributi dell'agente esse sono:

- la capacità tecnologica necessaria per l'esecuzione del task
- il tempo di lavorazione

il database archivio tempi contiene le informazioni di timing. Completato il task si procede all'invio di un messaggio in broadcast a tutti gli agenti risorsa.

3) valutazione offerte e invio risposte

Dopo l'invio del task, l'agente parte resta in attesa delle offerte da parte dei gestori macchina. Allo scadere di un tempo di attesa prefissato, valuta le offerte pervenute dai vari agenti risorsa. L'obiettivo dell'agente parte è quello di sostenere la minore spesa possibile, pertanto, a patto che venga rispettata la due date, l'agente parte sceglierà l'offerta meno costosa, tuttavia se l'offerta scelta ha un setup diverso da zero AND vi sono altre offerte che rientrano nel totale di valuta disponibile AND hanno un'aliquota di setup NULLA, l'agente parte rinuncerà all'offerta minore fra tutte e sceglierà la minore delle offerte residue che soddisfino la condizione enunciata. Tale condizione riassume il senso cooperativo degli agenti parte i quali, se possono, evitano di impegnare capacità produttive efficienti in favore di altre parti più urgenti. In tal modo l'obiettivo delle parti diviene una funzione della loro priorità e, in particolare, le parti meno urgenti, potendo stazionare più a lungo nel sistema, perseguono l'interesse comune del sistema stesso contribuendo a direzionare le scelte decisionali verso soluzioni che mirano ad abbattere i tempi e le operazioni di attrezzaggio.

4) scelta della migliore offerta non selezionata

come abbiamo già osservato, questa attività si svolge quando la minore tra le offerte pervenute all'agente parte supera il budget a sua disposizione, in tal caso l'agente parte memorizza l'offerta avente il minor costo e invia il task offer indicando l'importo del budget sommato al surplus (budget modificato). Osserviamo che a fronte di un task refusal con budget modificato, l'agente risorsa è tenuto ad accettare l'offerta anche quando il suo valore sia ancora inferiore al prezzo formulato nella precedente offerta.

5) modifica budget

la funzione “modifica budget” somma il budget e il surplus assegnati dal monitor agent durante la fase di inizializzazione.

6) aggiornamento Gantt

Al termine della negoziazione e, quindi, dopo l’invio dei task offer e la ricezione del messaggio di conferma da parte dell’agente risorsa con cui si è concluso l’affare, l’agente parte aggiorna il diagramma di Gantt della parte o del lotto secondo le informazioni di timing ricevute dalla risorsa.

ANALISI FUNZIONALE DELL’AGENTE RISORSA

Il diagramma di transizione di stato dell’agente risorsa mostra le seguenti attività.

- 1) costruzione e invio offerta
- 2) conferma operazione e aggiornamento Gantt

1) costruzione e invio offerta

Prima di preparare la sua offerta, l’agente risorsa valuta la richiesta pervenuta e valuta, consultando una tabella locale contenente le informazioni sulle lavorazioni che può eseguire, la compatibilità delle sue caratteristiche tecnologiche con i requisiti richiesti dall’agente. A questo punto, se l’esito del controllo è negativo invia all’agente parte che ha formulato la richiesta un messaggio di rifiuto, in caso di esito positivo procede alla costruzione vera e propria dell’offerta.

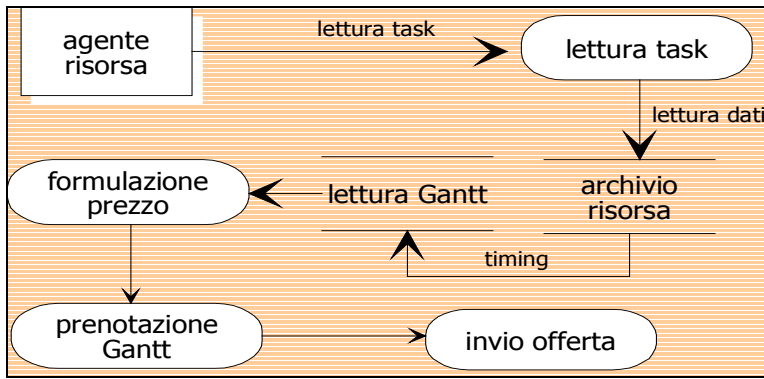
Per la costruzione di tale offerta l’agente risorsa deve eseguire una valutazione della richiesta pervenuta e formulare il prezzo della sua prestazione. Il prezzo dell’offerta proposto all’agente parte è una funzione del tempo necessario alla risorsa per soddisfare la richiesta pervenuta. Dato che l’obiettivo delle risorse è quello di massimizzare la saturazione e ridurre i tempi di attrezzaggio il prezzo sarà una misura del tempo necessario per eseguire il setup $Teff_su$, sommato al tempo effettivo di attesa in coda $Teff_coda$ e al tempo tecnico di lavorazione previsto dalla macchina $Teff_pr$. Tali informazioni di timing vengono ricavate dall’agente risorsa come segue:

- $Teff_su$: viene letto da una tabella presente nel modulo informativo della risorsa e riportante i tempi di attrezzaggio per ogni cambio possibile di configurazione prevista, per calcolare tale tempo l’agente risorsa deve ricercare la posizione che il job occuperà nella eventuale coda di attesa e determinare il tipo di setup richiesto dal job immediatamente precedente a quello che ha formulato il task, se invece il job in arrivo è in grado, per effetto della sua priorità, di scavalcare l’intera fila di attesa, il tempo effettivo di setup sarà calcolato rispetto all’attrezzaggio corrente della macchina.
- $Teff_coda$: è la somma degli intervalli confermati sul diagramma di Gantt a partire dall’istante attuale.
- $Teff_pr$: viene letto dalla tabella delle lavorazioni nel modulo informativo dell’agente risorsa.

Il prezzo dell’offerta è dato dalla seguente espressione:

$$Poff = Teff_su + Teff_coda + Teff_pr$$

Si osservi che in questo caso, a differenza della formulazione del budget da assegnare all’agente parte gli addendi sono affetti dal pedice “eff” ciò sta ad indicare che tali dati non sono il risultato di una valutazione globale del sistema, ma di una computazione locale determinata dall’effettivo stato in cui si trova la risorsa nel momento che precede la formulazione dell’offerta.



Dopo aver determinato il valore di Poff, l'agente della risorsa prenota sul suo diagramma di Gantt l'intervallo di tempo equivalente alla somma dei tre addendi e procede all'invio del messaggio all'agente parte che in questo momento riveste la funzione di aspirante contraente.

2) conferma operazione e aggiornamento Gantt

Dopo un tempo di attesa sufficiente a garantire alla risorsa la ricezione di tutte le offerte e la scelta della migliore, riceverà un messaggio a seguito del quale aggiornerà definitivamente il diagramma di Gantt confermando la prenotazione in caso di conferma (task offer) o cancellandola in caso di rifiuto (task refusal).

ANALISI FUNZIONALE DEL MONITOR AGENT

Il ruolo del monitor agent consiste nello svolgere un servizio di carattere informativo per gli agenti delle parti entranti nel sistema. La sua funzione più importante è senza dubbio quella di inizializzazione del lotto in ingresso al sistema, questa funzione è costituita dalle seguenti attività:

- Calcolo della priorità del job
- Consultazione dei Gantt delle risorse e stima dei tempi
- Assegnazione budget e surplus

Tali fasi, poiché caratterizzano le relazioni che intercorrono tra il monitor agent e l'agente parte sono state descritte nel paragrafo dedicato al modello funzionale dell'agente parte.

SPERIMENTAZIONE

Nella prima parte vengono descritte le varie fasi di implementazione del modello del sistema multiagente, la descrizione dell'ambiente di simulazione di riferimento ed alcuni cenni sulla valutazione delle prestazioni di un sistema produttivo attraverso opportuni indici di performance. Di fatto i sistemi flessibili di produzione, effettuando lavorazioni su diverse tipologie di pezzi, possono portare, a causa di politiche erranee di immissione o di smistamento delle parti, a situazioni imprevedibili e valutabili solo con dettagliati modelli di simulazione finalizzati a rappresentare il sistema reale mediante un modello logico matematico in cui si stabiliscono regole di priorità, di esclusione ed appuntamenti in modo da riprodurre il funzionamento dell'impianto nel tempo.

Nella seconda parte vengono mostrati i risultati del confronto tra il sistema multiagente e due diversi sistemi di controllo e gestione del flusso produttivo. Il primo di questi è un sistema classico basato sulla allocazione delle risorse secondo il criterio dello *short processing time (spt)*, ed una gestione delle file di attesa regolata dal "*critical ratio*"¹ di ogni job; il secondo presenta caratteristiche del tutto simili al nostro sistema ad agenti, ma è orientato alla minimizzazione dei tempi di setup e lo indicheremo con la notazione "*minimo setup*".

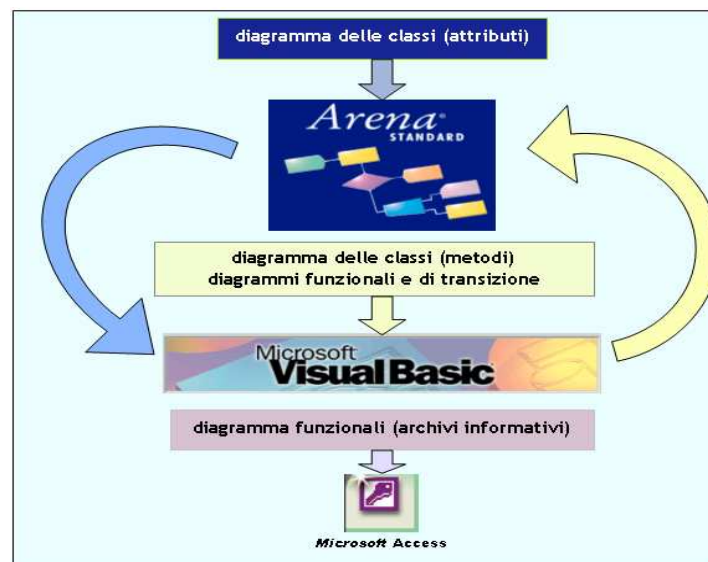
¹ *Critical ratio* denota il rapporto: (tempo disponibile - tempo di processamento) / tempo disponibile mentre risulta: $spt = \min_i \{T_i\}$ ove $T_i = \text{Tempo di attesa} + \text{Tempo di setup} + \text{Tempo di lavorazione}$

Tale confronto permette di fornire una valutazione precisa della tecnica basata sugli agenti autonomi affrontando questioni legate all'equilibrio del sistema, al bilanciamento di carico delle risorse, alla saturazione delle macchine, al tempo medio di *flowtime* e alla riduzione del numero complessivo di attrezzaggi; in particolare è possibile osservare gli aspetti per i quali la soluzione del modello ad agenti è da ritenersi preferibile o, addirittura, ottimale rispetto ai metodi di programmazione operativa sopra accennati.

Il livello a cui siamo pervenuti, a questo punto del nostro caso di studio, è quello dell'implementazione, esso rappresenta il secondo livello di astrazione dopo quello della modellazione concettuale affrontata nel capitolo precedente e si propone di rappresentare il sistema ad agenti autonomi in un linguaggio interpretabile dal calcolatore.

La fase di implementazione è stata affrontata avvalendosi di un simulatore orientato agli oggetti per l'impostazione concettuale del modello ed un linguaggio di programmazione di link necessario per ricercare e filtrare le informazioni contenute nei moduli informativi (costituiti da database esterni) e per acquisire e riconoscere fattori necessari all'assunzione delle decisioni. L'impostazione del modello è stata realizzata mediante il simulatore ad eventi discreti *Arena 5.0*, mentre la comunicazione tra gli agenti e i risultati delle negoziazioni sono state simulate attraverso funzioni e strutture realizzate in *Visual Basic 6.0*.

Preme sottolineare come l'utilizzo di una metodologia orientata agli oggetti per la fase di analisi e progettazione, unita all'uso di un software orientato agli oggetti per la fase di implementazione, abbiano consentito di ottenere vantaggi significativi tipici del paradigma object-oriented quali: la possibilità di modellare il sistema a livello astratto ed una riduzione dei tempi di implementazione del software (*Arena 5.0*) e di scrittura del codice (*Visual Basic 6.0*), inoltre i coefficienti legati alle prestazioni dei centri di lavoro, alla capacità tecnologica delle macchine e ai tempi di setup sono stati organizzati in opportune tabelle realizzate in *Microsoft Access*, la scelta di utilizzare una base esterna di dati si è rivelata particolarmente versatile ed efficace durante la fase di test del modello di simulazione, per la possibilità di cambiare o modificare dati significativi ai fini della simulazione, senza apportare alcuna modifica sul modello logico del programma.



Integrazione tra i software utilizzati

In quest'ottica l'evoluzione del sistema nel tempo può essere definita come una successione di stati definiti mediante l'insieme dei valori assunti dalle variabili che ne descrivono il comportamento e dagli attributi degli oggetti appartenenti alle varie classi che lo compongono. Le variabili generate all'interno del sistema vengono definite *endogene*, quelle esterne, fornite dall'utente, vengono definite *esogene*. Alcuni esempi di variabili esogene del nostro modello sono: *la duedate, la penale,*

il ciclo di lavorazione, il tempo di setup ecc. ; esempi di variabili endogene sono invece: *il budget, il surplus, il tempo medio di attesa in coda, il prezzo dell'offerta ecc.*

Il nostro modello di simulazione sarà di tipo stocastico poiché molte delle sue caratteristiche operative sono date da una funzione di probabilità, in questo modo è possibile valutare le prestazioni di un sistema il cui comportamento supera la rigidità dei vincoli di natura deterministica, in tal caso le caratteristiche del suo comportamento vengono stimate attraverso un campionamento casuale dei risultati ottenuti da una serie di simulazioni che, a parità di condizioni iniziali, generano varie e possibili evoluzioni del sistema stesso.

La nostra sperimentazione è stata realizzata mediante un simulatore ad eventi discreti (*Arena 5.0*) in cui l'evoluzione del sistema è descritta come un susseguirsi di eventi che si realizzano ad istanti ben definiti. Il sistema multiagente viene rappresentato come una rete di flusso in cui ritroviamo due tipi di componenti:

- I sottosistemi che realizzano ognuno una determinata funzione
- Le entità che rappresentano gli oggetti che si spostano nel sistema, portandosi da un sottosistema all'altro per richiedere i servizi che questi sono in grado di svolgere.

Nell'impiego del simulatore *Arena*, le **entità** rappresentano i *job* che fluiscono attraverso il sistema e "contengono" informazioni legate agli attributi della classe *job* quali: *duedate, ciclo di lavorazione, fase corrente di lavorazione, tempo residuo ecc.*, i **sottosistemi** invece, sono caratterizzati da blocchi ed elementi che richiamano particolari funzioni e librerie del simulatore, tra questi ritroviamo, ad esempio: il blocco "*create*" che determina o richiama le modalità e le condizioni operative con cui vengono introdotte le entità nel sistema (*tipo di entità, quantità, intervallo tra gli arrivi ecc.*), il blocco "*process*" che simula lo svolgimento delle attività che impegnano una risorsa (*tempo attivo di lavorazione, numero di risorse impegnate, costi di produzione, ecc.*); l'elemento "*VBA*" che consente l'interazione del simulatore con funzioni e strutture realizzate in *Visual Basic*; ecc.

IL SISTEMA PRODUTTIVO RAPPRESENTATO

Il sistema produttivo preso in esame è caratterizzato da una generica cella di un sistema flessibile di produzione comprendente 4 centri di lavoro indicati, per brevità, con i simboli m_1, m_2, \dots, m_4 . Ognuna delle macchine è in grado di svolgere diversi tipi di lavorazione in modo tale che per ogni lavorazione possibile vi siano almeno due macchine in grado di svolgerla, tale condizione non solo è caratterizzante ai fini della flessibilità del sistema, ma fa sì che il sistema si trovi sempre a dover assumere una decisione in merito alla risorsa su cui allocare il generico *job*.

Il numero possibile di lavorazioni diverse che possono essere eseguite nella cella è 5, esse verranno indicate con la notazione L_1, L_2, \dots, L_5 .

Ogni macchina dispone di:

- un sistema automatico di cambio utensile,
- una stazione di carico e di una di scarico mediante le quali vengono effettuate le operazioni di ingresso e di uscita.
- Un magazzino automatico per la sistemazione degli utensili a bordo macchina

Le stazioni di carico e scarico delle varie macchine, l'area di ingresso nella cella e l'area di uscita per il deposito dei pezzi ultimati sono tra loro interconnesse da un sistema automatizzato di manipolazione e trasporto delle parti (*MHS, Material Handling System*), un sistema MHS può comprendere trasportatori, carrelli, AGV o una combinazione di questi elementi.

Ogni *job* perviene al sistema con:

- un ciclo di lavorazione caratterizzato da un numero di fasi variabili tra 1 e 4, ad ogni fase di lavorazione corrisponde:
- Il tipo di lavorazione da eseguire es. L_2 ,
- Un tempo stimato di lavorazione espresso in minuti e definito da una funzione di probabilità con distribuzione uniforme.

Oltre al ciclo di lavorazione il job contiene le seguenti informazioni:

- La duedate, espressa in ore e definita attraverso una funzione di probabilità avente distribuzione normale o triangolare.
- La penale applicata che l'azienda è tenuta a corrispondere in caso di consegna ritardata.

I vari job prima di essere processati per le fasi di *invio_richiesta*, *ricezione e valutazione_offerte*, vengono allocati presso un'area di attesa dove si forma una coda gestita secondo la priorità di ognuno calcolata in quel momento. La priorità è una funzione della probabilità di superare la data prevista per la consegna e del peso della penale applicata, in funzione della priorità di ogni job la coda viene ordinata in modo da favorire i job più urgenti. In questo modo, oltre a ridurre la probabilità che si abbiano dei ritardi sulla consegna, si evita che eventuali job in ritardo inneschino inutili ritardi per gli altri job in coda.

LA CLASSE AGENTE RISORSA

Questo agente rappresenta una generica risorsa fisica di produzione presente nella cella del nostro sistema flessibile di produzione ideale.

Per effetto del livello di astrazione perseguito durante la fase di modellazione concettuale le capacità tecniche e decisionali di questo agente possono essere adattate a qualunque tipo di macchina senza dover necessariamente apportare significative modifiche all'oggetto considerato.

Indicando con L1, L2,..., L5 le cinque differenti lavorazioni che possono essere eseguite nella cella e con M1, M2,...,M4 i quattro centri di lavoro disponibili, rappresentiamo attraverso la seguente matrice, detta di *skill*, le lavorazioni che possono essere eseguite da ognuna delle macchine

	L1	L2	L3	L4	L5
M1	☒	☒			☒
M2			☒	☒	
M3	☒			☒	☒
M4		☒	☒		

matrice di skill

Si evince facilmente che la macchina 1 può svolgere le lavorazioni L1, L2, L5; la macchina 2 può invece svolgere le lavorazioni L3, L4 ecc. L'attribuzione alle varie macchine delle lavorazioni che sono in grado di compiere non è casuale, ma è scelta in modo tale aumentare la robustezza del sistema, ovvero il numero di casi in cui, pur in presenza di una rottura, il sistema continua a lavorare. Si osservi che per ogni lavorazione vi sono almeno due macchine in grado di emettere un'offerta.

Per ogni macchina e per ogni lavorazione che questa è in grado di compiere esiste un indice positivo detto "indice di competitività" che rappresenta il divario, rispetto al tempo stimato di lavorazione, con cui la macchina può eseguire una data lavorazione.

Evidentemente le caratteristiche tecnologiche generiche, il grado di innovazione e le condizioni generali di ogni macchina determinano le capacità con cui le macchine tecnologicamente compatibili con una lavorazione richiesta si "contendono" il job che attende di essere lavorato. In questo modo una macchina che rispetto ad una data lavorazione ha un indice di competitività pari ad 1,05 impiegherà, per la sola lavorazione, il 5% del tempo in più rispetto ad una macchina che, per quella stessa lavorazione, presenta un indice pari a 1.

Ricordiamo tuttavia che, oltre al tempo tecnico di lavorazione, la "contesa" dei job da parte delle varie macchine avviene anche in base ad altri elementi determinanti quali: l'attrezzaggio corrente della macchina, l'eventuale tempo di setup e il tempo di attesa in coda. Gli indici di competitività assunti nel modello di simulazione sono riportati nella seguente matrice (*skill and effect*).

	L1	L2	L3	L4	L5
M1	1.01	0.95			0.98
M2			1.00	0.92	
M3	0.95			1.02	0.98
M4		1.05	0.98		

matrice skill and effect

L'agente di ogni macchina deve poter stabilire, prima di formulare un'offerta, l'aliquota del prezzo relativa al tempo di setup. Per fare ciò deve poter determinare l'attrezzaggio corrente della macchina, o quello che sarà presente quando il job verrà allocato sulla risorsa, e determinare il tempo necessario per eseguire l'attrezzaggio richiesto, ovvero quello necessario per passare dalla configurazione corrente a quella richiesta dall'agente che ha inviato il task.

Tali informazioni vengono prelevate da una tabella strutturata come segue:

ad ogni macchina si fa corrispondere una matrice (*setup*), ove, per una data macchina, l'elemento S_{ij} è pari al tempo necessario per passare dalla configurazione i alla configurazione j .

I valori (espressi in minuti) utilizzati nel modello di simulazione sono riportati nelle seguenti tabelle:

M1	L1	L2	L5
L1	0	6	10
L2	9	0	9
L5	11	6	0

M2	L3	L4
L3	0	6
L4	9	0

tempo necessario ad M2 per passare da L4 ad L3

M3	L1	L4	L5
L1	0	10	8
L4	6	0	7
L5	6	10	0

M4	L2	L3
L2	0	6
L3	10	0

matrici di setup utilizzate nel modello

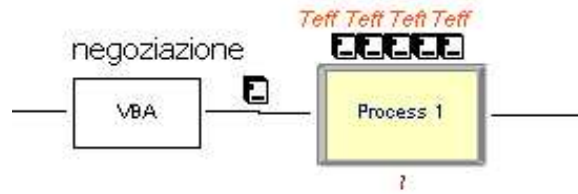
Le matrici di *skill and effect* e le matrici di *setup* sono ordinate in due tabelle di *Microsoft Access*, durante la fase *formulazione_offerta* il monitor agent valuta la compatibilità tecnologica della macchina e determina il tempo tecnico di lavoro, in seguito, dopo aver determinato la lavorazione occorrente all'ultimo job in coda, determina il tempo di setup.

Oltre al tempo tecnico di lavorazione e al tempo di setup, l'agente della risorsa deve formulare l'aliquota relativa al tempo di attesa in coda, infatti le file di attesa che si formano in prossimità dell'area di ingresso di ogni macchina sono gestite secondo la disciplina FIFO. Tale computazione viene eseguita in forza di una funzione integrata del simulatore che somma i valori di un generico attributo di tutte le entità presenti in una fila di attesa.

L'attributo T_{eff} di ogni entità che conclude una negoziazione, è pari alla somma del tempo tecnico di lavorazione (versato nell'attributo $LavAcq$ per indicare il tempo di lavoro acquistato dalla macchina con cui si è conclusa la transazione) e del tempo di setup ($SetupAcq$), pertanto la generica entità che si colloca in fondo alla coda dovrà attendere un tempo dato dalla seguente:

$$T_{coda} = \sum_{i=1}^n T_{eff_i}$$

dove n è il numero delle entità in coda e T_{eff_i} il valore di $T_{eff} = LavAcq + SetupAcq$ per ogni elemento in coda.



Calcolo del tempo di attesa in coda

il tempo di lavorazione e il tempo di setup occorrenti e registrati rispettivamente negli attributi del job indicati con le notazioni *LavAcq* e *SetupAcq* forniscono al simulatore i valori necessari per simulare le condizioni operative della lavorazione.

LA CLASSE AGENTE PARTE

La tabella indica gli attributi della classe Agente Parte e le fasi della negoziazione in cui vengono richiamati o modificati.

Inizializzazione	annuncio task	valutazione Offerte
Duedate	tempi stimati	Budget
Penale	fase	Surplus
numero fasi	LavorazioneAtt	risorsa scelta
sequenza fasi		Teff
tempi stimati		LavAcq
Priorità		SetupAcq
UltimaInizializzazione		
TempoResiduo		
Surplus		
Budget		
TempoFine		

Attributi della classe Agente Parte

L'agente parte rappresenta il generico pezzo che deve essere lavorato dalle macchine del sistema, o più in generale il job da allocare sulla generica macchina. Essendo uno degli obiettivi principali di questo lavoro quello di simulare il comportamento di un sistema ad agenti a fronte di una politica degli ingressi estremamente incerta e imprevedibile, i job in ingresso nel sistema saranno singolarmente diversi tra loro, tuttavia il livello di astrazione mantenuto in fase di modellizzazione concettuale consente di valutare i risultati anche di fronte ad una serie di ingressi nel sistema organizzati in lotti, fermo restando che ogni entità verrà processata individualmente nelle fasi di negoziazione. Inoltre, ad ogni fase del ciclo di lavorazione corrisponderà una fase di negoziazione. Osserviamo che un elemento determinante ai fini della negoziazione è la priorità che il job ha in quel istante, poiché tale valore dipende fortemente dalle condizioni del sistema (e del job), la scelta di eseguire n negoziazioni distinte per n fasi di lavorazione consente di aggiornare continuamente l'orizzonte temporale di pianificazione evitando che possibili ritardi insorgenti durante lo smistamento non vengano monitorati, manifestando il loro aggravio soltanto alla fine del ciclo di lavorazione. Il ciclo di lavorazione di ogni job è scelto attraverso una distribuzione discreta di probabilità tra le permutazioni pari delle disposizioni senza ripetizione dei gruppi di classe 1, 2, 3, 4 di elementi successivi appartenenti all'insieme $L = \{L1, L2, L3, L4, L5\}$.

I cicli di lavorazione ammissibili sono i seguenti:

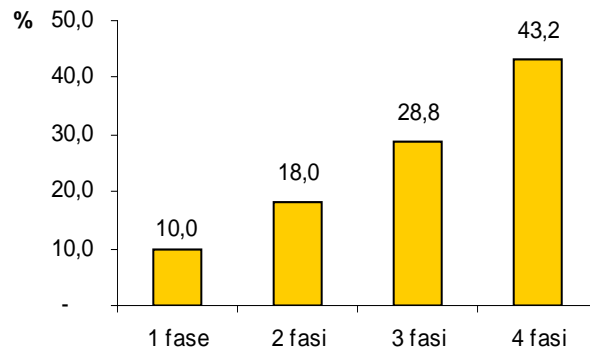
1 fase = $\{(L1) (L2) (L3) (L4) (L5)\}$

2 fasi = $\{(L1,L2) (L2,L1) (L2,L3) (L3,L2) (L3,L4) (L4,L3) (L4,L5) (L5,L4)\}$

3 fasi = {(L1,L2,L3) (L3,L1,L2) (L2,L3,L1) (L2,L3,L4) (L4,L2,L3) (L3,L4,L2) (L3,L4,L5)
(L5,L3,L4) (L4,L5,L3)}

4 fasi = {(L1 L2 L3 L4) (L4 L1 L2 L3) (L3 L4 L1 L2) (L2 L3 L4 L1) (L2 L3 L4 L5) (L5 L2 L3
L4) (L4 54 L2 L3) (L3 L4 L5 L2)}

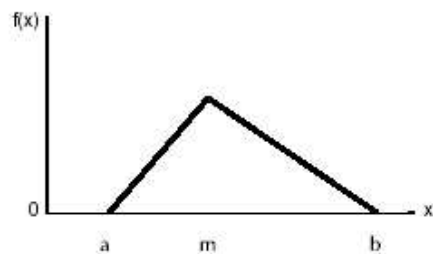
I cicli appartenenti ad uno stesso insieme sono tutti equi probabili, mentre il numero di fasi che determina la lunghezza del ciclo è dato dalla distribuzione discreta di probabilità illustrata nel seguente grafico:



il tempo di lavorazione per ogni fase attiva del ciclo è definito attraverso una funzione di probabilità avente distribuzione triangolare.

tale distribuzione è solitamente utilizzata per modellare processi limitati ove si conoscano solo il valore minimo, il più probabile e il valore massimo (a , m , b), i valori utilizzati nel modello di simulazione sono riportati nella tabella.

	a	m	b
Media (min)	6.5	11.8	16.35
dev. Standard (min)	1.73	4.36	2.40

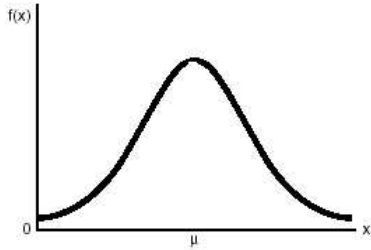


Tra gli altri parametri definiti mediante funzioni di probabilità vi è anche la *duedate*, espressa in ore e modellata mediante una distribuzione triangolare definita dai parametri riportati nella tabella.

	a	m	b
duedate (h)	5.5	6.5	7.5

L'intervallo tra gli arrivi dei vari job è stato modellato attraverso una distribuzione normale di probabilità definita attraverso il valore medio e la deviazione standard (μ, σ).

	μ	σ
Intervallo tra gli arrivi	11	1



Tali valori sono stati determinati in modo da simulare il comportamento del sistema in una condizione di regime dividendo la durata media di un intero ciclo di lavorazione per il numero dei centri di lavoro.

$$\mu = \frac{\bar{T}_{ciclo}}{4}$$

Inizializzazione

Durante la fase di inizializzazione l'agente parte assegna al job il **budget**, esso rappresenta una stima del tempo previsto per ultimare la lavorazione corrente ed è dato dal tempo stimato di lavorazione, dal tempo medio di setup e dal tempo medio di attesa in coda.

La differenza tra il tempo effettivamente disponibile per il completamento dell'operazione e il budget rappresenta il **surplus** assegnato all'agente parte, evidentemente tale addendo sarà minore all'aumentare dell'urgenza del job, pertanto i job urgenti, avendo minor quantità di valuta da commerciare dovranno acquistare le lavorazioni meno costose (e quindi quelle per le quali è richiesto meno tempo). Viceversa i job meno urgenti potranno acquistare lavorazioni più costose e quindi più durature, in questo modo la capacità produttiva più veloce e preziosa verrà utilizzata per soddisfare i job privilegiati, mentre i job disposti a corrispondere un prezzo più elevato saranno indotti a scegliere file di attesa ove non siano stati programmati cambi di attrezzaggio impiegando così il tempo in esubero nella coda ma evitando, nel contempo, scelte decisionali che comportino alle risorse la necessità di eseguire ulteriori attrezzaggi. Nel comportamento emergente del sistema si osserverà che le file di attesa delle macchine con elevato coefficiente di prestazione (le più lente) si costituiranno secondo gruppi contigui di job in anticipo e richiedenti lo stesso tipo di lavorazione, riducendo in questo modo il numero complessivo di setup e aumentando il coefficiente di utilizzazione delle risorse.

MISURE DI EFFICIENZA

Come osservato precedentemente, un obiettivo di questa sezione è quello di fornire una valutazione di confronto tra il sistema ad agenti autonomi e due modelli gestiti secondo le rispettive strategie di programmazione operativa:

- *Short processing time + Critical Ratio*
- *Minimo Setup*

Le seguenti misure di efficienza, opportunamente scelte tra quelle maggiormente utilizzate nei sistemi a file di attesa in condizioni stazionarie, sono le seguenti:

flowtime = tempo medio trascorso da un'entità nel sistema

va = tempo medio di valore aggiunto (lavorazione) impiegato da un'entità nel sistema

VA = cumulato di *va*

nva = tempo medio di non valore aggiunto (setup) impiegato da un'entità nel sistema

NVA = cumulato di *nva*

wip = numero medio di entità nel sistema

Wq = tempo medio trascorso da un'entità in attesa del servizio

Nq = numero medio di utenti che compongono una fila di attesa

U_m = utilizzazione della risorsa *m* ; $U_m = VA_m / (VA_m + NVA_m)$

Nr = numero di job in ritardo rispetto alla duedate

L = ritardo medio rispetto alla duedate.

Il confronto tra i diversi sistemi di gestione e controllo del flusso produttivo è stato eseguito valutando gli scostamenti percentuali dei valori medi delle misure di efficienza riportate relative a 15 differenti replicazioni per ognuno dei tre modelli.

INTEGRAZIONE DEI MODELLI SVILUPPATI DEL SISTEMA DI TRASPORTO

DE, Università de L'Aquila

La cooperazione tra la sede di L'Aquila e Bari si è sviluppata essenzialmente nella fase di impostazione iniziale del progetto ed è stata tesa alla condivisione delle informazioni e delle metodologie relative all'analisi e pianificazione delle strategie di gestione dei sistemi di trasporto nell'ambito della supply chain. In particolare sono stati definiti in maniera congiunta i requisiti funzionali dei modelli di simulazione. Successivamente le due sedi hanno perseguito i rispettivi obiettivi assegnati in sede di organizzazione della ricerca: la sede di L'Aquila si è dedicata allo sviluppo dei modelli di simulazione di dettaglio dei federati trasportatori, mentre la sede di Bari ha sviluppato gli aspetti relativi allo sviluppo di modelli di trasporto ibridi di tipo più generale ed alla loro integrazione a livello di pianificazione delle attività della supply chain.

COSTRUZIONE DEL MODELLO DI TRASPORTO E SUA CONVALIDA PER LA DEMONSTRATION

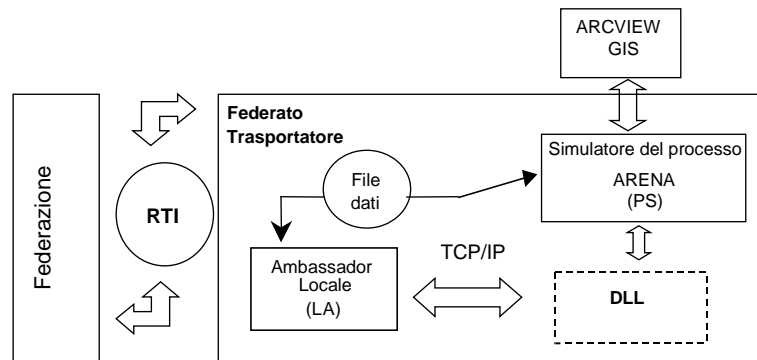
DE, Università de L'Aquila

Al fine di valutare le prestazioni e le possibilità offerte dall'architettura descritta, è stato sviluppato un modello di simulazione semplificato del federato trasportatore, utilizzando l'ambiente ARENA, di ampia diffusione industriale. Allo stato attuale il simulatore implementa una modalità di trasporto single-mode utilizzando autocarri. La struttura dei dati scambiati precedentemente descritta e le modalità della comunicazione sono state implementate seguendo le regole del protocollo HLA, mentre l'interazione tra i modelli di simulazione dei processi, l'RTI ed il Federate Ambassador, è stata realizzata secondo specifiche scelte e soluzioni, dettagliatamente descritte in Caputo et al. (2001), non essendo il software ARENA attualmente HLA compliant.

Inoltre è stata realizzata l'integrazione tra un sistema GIS sviluppato utilizzando il software commerciale ArcView ed il simulatore ARENA. La struttura complessiva proposta per l'implementazione del federato trasportatore è mostrata nella figura seguente.

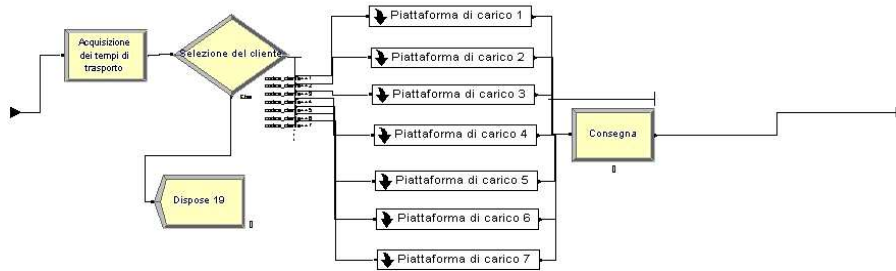
Il modello di federato proposto si compone di due principali elementi: il simulatore del processo (PS), il cui compito è la simulazione delle attività interne del trasportatore, e l'Ambassador Locale (LA), la cui funzione è quella di ricevere gli eventi interni generati e trasmessi dal PS, pubblicare i dati verso altri federati e mettere a conoscenza il simulatore locale degli eventi e dei dati esterni, implementando quindi le funzionalità del Federate Ambassador. Il processo LA è interamente sviluppato facendo ricorso al linguaggio di programmazione C++, mentre il simulatore PS è stato implementato utilizzando le funzionalità del linguaggio ARENA, con la sola eccezione di una specifica routine di tipo event-driven, scritta in C e compilata come un file di libreria (DLL) denominata *simulation communication module* (SCM). Tale routine viene richiamata ogni qualvolta un'entità entra in un opportuno blocco di tipo EVENT nel modello ARENA ed ha lo scopo di attivare la comunicazione interna tra il simulatore locale e l'Ambassador, facendo parte dunque dell'interfaccia tra il simulatore PS ed il processo LA. Va precisato che quando la routine è attiva la simulazione in ARENA si arresta. L'Ambassador Locale si compone di un External communication Module (ECM), di un Event Management Module (EMM) e di un Internal Communication Module (ICM). Le funzioni dell'ECM sono l'interscambio delle informazioni con la federazione, la sincronizzazione tra tutti i federati nel momento in cui ha avvio la simulazione, nonché la

sincronizzazione tra il tempo locale di avanzamento della simulazione in ARENA e il tempo della federazione. La lettura dei dati esterni avviene invece interrogando ciclicamente il LA da parte del PS. Compito dell'EMM è quello di trasformare il formato dei dati scambiati tra la RTI ed il PS in maniera tale da essere compatibile con quello gestito da ARENA considerata l'impossibilità di ARENA di gestire dati di tipo stringa, che invece sono una delle tipologie di dati con cui lavora la HLA. Inoltre l'EMM provvede all'immagazzinamento temporaneo dei dati relativi alle comunicazioni in ingresso ed uscita. Il modulo ICM scambia con il PS le informazioni relative alle entità esterne. Per lo scambio delle informazioni entro il federato (LA + PS) si è scelto di utilizzare il protocollo TCP/IP, che garantisce accuratezza nella trasmissione, ed inoltre consente di far lavorare il PS ed il LA su due differenti macchine di una stessa rete Internet, con il vantaggio di ridurre i tempi e snellire la simulazione. Di fatto il SCM richiamato dal simulatore ARENA agisce da client nei confronti del modulo ICM che funge da server. Tutte le transazioni di dati sono iniziate su richiesta dello SCM non potendo il simulatore essere interrotto dall'esterno. La comunicazione con il software GIS è gestita mediante tradizionale scambio dati utilizzando apposito blocco ReadWrite del linguaggio ARENA. Ulteriori dettagli sull'implementazione di tale architettura sono presentati in Caputo et al. (2001).



Architettura software concettuale del federato trasportatore

Il modello di simulazione del sistema di trasporto si presta a confrontare le prestazioni di diverse logiche di gestione del servizio e gli impatti che queste hanno sulle prestazioni della supply chain, basandosi sull'impiego di criteri euristici che possono essere applicati in due distinti momenti della programmazione operativa: per l'aggregazione degli ordini di trasporto in ingresso e la loro assegnazione alle risorse e per il sequencing degli ordini associati ad una risorsa. Ulteriori euristiche vengono poi applicate per il routing dei veicoli. La struttura effettiva del modello è chiaramente influenzata dalla modalità di erogazione del servizio: trasporto da singolo punto di prelievo a singola destinazione, prelievi multipli e consegna ad unico destinatario, consegna a più destinatari a partire dal singolo punto di prelievo, alternanza di prelievi e consegne lungo un dato percorso ecc. A tal fine sono state sviluppate distinte versioni del modello di simulazione. In linea generale il modello prevede la creazione di una coda composta dagli ordini in ingresso i quali possono eventualmente aggregati ed assegnati alle risorse in base a diversi criteri quali il punto di prelievo, il punto di consegna, la distanza, la quantità trasportata, la data di consegna. L'aggregazione, può avvenire sulla base di un singolo parametro oppure mediante combinazione di più parametri. Le risorse di trasporto rese disponibili (veicoli definiti in numero e tipologia dall'utente) applicheranno poi criteri euristici dettati dallo specifico scenario esaminato per selezionare gli ordini da evadere tra quelli precedentemente ordinati (ad esempio scegliendo gli ordini di trasporto a maggiore priorità tra quelli che condividono la stessa destinazione e che provengono da insediamenti ubicati nella medesima regione geografica) al fine di erogare il servizio perseguendo l'ottimizzazione di assegnate funzioni obiettivo esprimibili in termini misure di prestazione (minimizzazione dei ritardi alla consegna, massimizzazione della saturazione delle risorse ecc.). Nel più semplice modello sviluppato, per la federazione Piaggio Aero Industries, gli ordini venivano direttamente accodati in altrettante code quanti erano i federati ed evasi nel rispetto delle due date da risorse di trasporto condivise.



Schematizzazione ad alto livello del simulatore di trasporto Arena per federazione Piaggio.

Assegnato un task alla risorsa, il simulatore legge la localizzazione dei punti di prelievo e consegna ed invia al sistema GIS la richiesta di valutazione della lunghezza dell'intero percorso che dovrà essere coperto. La distanza così calcolata viene letta dal federato trasportatore in un apposito file esterno e viene utilizzata per il calcolo del tempo totale di trasporto assegnata che sia una velocità media di percorrenza fissata dall'utente e una distribuzione di probabilità per il tempo di viaggio. In mancanza di supporto GIS le informazioni sulle distanze sono immagazzinate entro il simulatore come look-up tables. Infine il tempo totale viene calcolato sommando i tempi di prelievo e consegna al tempo totale di viaggio. Quando il tempo di trasporto è trascorso, la risorsa viene rilasciata e resa quindi disponibile per la successiva richiesta. Non appena il veicolo raggiunge i punti di prelievo e consegna, il federato trasportatore pubblica in federazione i corrispondenti messaggi di avvenuto prelievo e consegna.

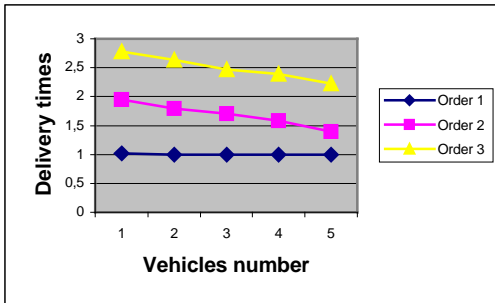


Maschera per la personalizzazione del blocco ReadWrite per lo scambio dati con GIS.

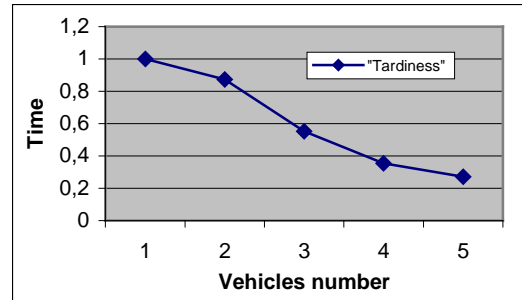
I modelli di simulazione sviluppati sono stati convalidati con successo mediante la verifica funzionale nell'ambito di una semplice federazione basata su protocollo HLA ed operante su LAN, comprendente un cliente, un fornitore ed un trasportatore.

Oltre a verificare la correttezza dell'interscambio dei dati ed il funzionamento delle logiche interne del simulatore tali test semplificati hanno permesso inoltre di delineare le potenzialità dello strumento sviluppato mediante l'esecuzione di una analisi di capacità tesa alla stima della variazione dei tempi di consegna al variare delle dimensioni della flotta per un fissato scenario logistico. Nelle figure seguenti si riportano in termini adimensionalizzati alcuni risultati rappresentativi di tale tipologia di analisi. In base a tali esempi si verifica ad esempio come i tempi di consegna ed il ritardo cumulato per un dato set di ordini si riducano all'aumentare del numero di automezzi disponibili, come il ritardo cumulativo aumenti all'aumentare del numero di spedizioni

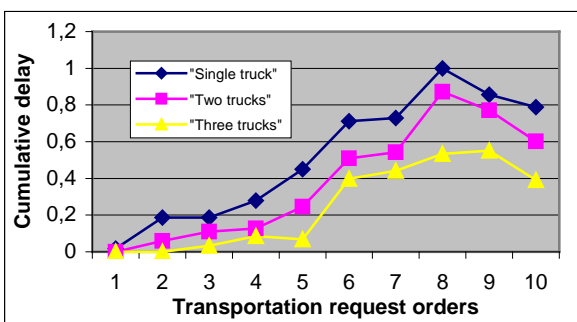
fissate le dimensioni della flotta, ed anche come si riscontri una progressiva riduzione del tardiness all'aumentare della dimensione della flotta. Tali analisi possono essere utili per ricercare il giusto compromesso tra dimensioni della flotta (costi) e prestazioni (livello di servizio).



Andamento dei tempi di consegna



Ritardo cumulato sui tempi di consegna



Tardiness delle consegne

TEST SU CASO MULTI-SITE CON VALUTAZIONE PRESTAZIONALE DEI MODELLI IBRIDI

DIP, Università di Genova

L'esperienza accumulata dal gruppo di ricerca del DIP dell'Università di Genova nel settore dei simulatori ibridi (cfr. Progetto Scooter – AMIU Genova, Progetto StradeX – Siren Meetings,) ha permesso di sviluppare un modello di simulazione della realtà operativa logistica di un federato "Corriere Espresso" modellandone in dettaglio sia le procedure gestionali interne (es. Gestione dei Mezzi, Gestione del Personale) sia quelle più strettamente operative (es. modellazione fenomeno trasporto, modellazione procedure di terminal, ecc.). Nell'ottica del progetto di ricerca WILD tale esperienza ha permesso di poter testare in ambiente distribuito (LAN) le politiche gestionali proprie del federato e stimare l'impatto che tali scelte inducono sulle prestazioni dell'intera Supply Chain.

La federazione sviluppata, composta di tre moduli distinti: Main Contractor Carrier e Supplier è stata implementata utilizzando un algoritmo proprietario di modellazione ibrido, già testato su numerosi progetti di ricerca, rappresentando un interessante caso di modellazione multi-site ibrida. La valutazione prestazionale di tale modello è stata condotta mediante la modellazione di una rete di distribuzione europea e la conduzione di un opportuno piano di sperimentazione secondo la teoria del Design of Experiment (DOE). I parametri analizzati sono stati: il numero di veicoli disponibili al sito del federato Carrier, il numero degli autisti per detta flotta e la severità degli ordini di trasporto deriventi dal federato supplier. La gestione degli ordini è stata fatta in logica MRP integrando in una opportuna federazione HLA il federato Main Contractor (originatore dell'ordine), il federato Supplier (responsabile della produzione) ed il federato Carrier (responsabile del trasporto fisico e delle logiche di interfaccia ai terminal):

DIMOSTRAZIONE

Le tecniche e metodologie proposte, così come i modelli e le architetture sviluppate sono state quindi implementate in una Federazione Eseguita Complessiva del caso in esame, consentendo di condurre la sperimentazione necessaria per Verificare, Convalidare e Sperimentare scientificamente detti concetti.

CAMPAGNA SPERIMENTALE

DIP, Università di Genova

La campagna sperimentale è stata condotta sulla federazione sviluppata dal DIP dell'Università di Genova mediante l'integrazione dei modelli RR_HLA, del modello CARRIER e del modello di Main Contractor sviluppato con la tecnologia dei simulatori GG. La particolare natura della simulazione distribuita ha richiesto l'adozione di un'ideale campagna sperimentale realizzata sia con modelli operanti in maniera stand-alone sia in modalità distribuita. Risulta evidente, infatti, che la presenza di eventi sensibili alla periferia dei modelli (es. fenomeno della negoziazione) comporta l'aumento sensibile del grado di non linearità del sistema e del livello di stocasticità.

RR HLA Compliant Simulator - Setup Parame...	
Database DNS	RR_Simulator
Federate Name	Salver
Federate Password	*****
Sigma on Phases	0.0
Max # Negot. Cycles	12
Earliness Negotiation	2
Earliness Orders	6
Negotiations	<input checked="" type="checkbox"/> Use Negotiation
Simulation Run Length	156
Supplier Nickname	Salver
Inventory Costs [%]	0.12
Supplier ID	12
Press to Update	Update Values

Impostazione Parametri di Setup simulatore RR_HLA

Lo stesso modello di main contractor risulta significativamente influenzato dal livello prestazionale dei federati partecipanti all'esercizio di simulazione, livello che viene solo stimato, attraverso modelli macro, nel momento in cui la simulazione viene condotta in scenario stand-alone. Come si è avuto modo di analizzare precedentemente, il modello di Main Contractor basato sullo schema GG prevede di generare un macro modello di federato per ogni fornitore di cui non si utilizzi il simulatore HLA. Tale modello viene tailorizzato sulla base delle informazioni storiche memorizzate nella base dati del modello di Main Contractor e, pertanto, si comporta nei confronti dell'intera federazione con un'approssimazione del livello interattivo che il federato avrebbe se fosse integrato in HLA. L'analisi e la conduzione dei casi sperimentali ha quindi impiegato sia simulatori integrati in HLA sia simulatori macro generati internamente. Ulteriori analisi sono state successivamente condotte utilizzando un'ulteriore implementazione della federazione WILD II realizzata utilizzando strumenti COTS (es. Arena™) avente per obiettivo lo studio dell'interazione tra le logiche gestionali del Carrier e quelle del Supplier (es. problema del routing, problema della gestione della flotta dei veicoli, problema della gestione del personale). In tutti i casi è stata utilizzata la metodologia di analisi sperimentale mediante progettazione degli esperimenti (DOE – Design Of Experiment) attraverso lo studio della variabilità dell'errore sperimentale (Analisi della MSpE), l'identificazione dei fattori di interesse (Analisi di Sensitività) e la determinazione della superficie di risposta del sistema stesso (RSM- Response Surface Metodology).

La configurazione del simulatore è stata impostata, dall'apposito pannello di comandi, in maniera tale da testare i differenti parametri con particolare riferimento ai seguenti indici:

§ *Federati Sub Contractor*

- Numero Massimo Cicli di Negoziazione: Indica la lunghezza massima di una trattativa esprime la disponibilità al negoziato di un federato.
- Anticipo Negoziazione: Rappresenta un anticipo di sicurezza sull'emissione della richiesta di negoziare (es. un ordine dovuto tra 4 settimane se è previsto un Lead Time di 3 settimane e un anticipo a negoziare di 2 è indicato in potenziale ritardo poiché $3+2=5 > 4$)
- Anticipo Ordini: Come per il caso della negoziazione è un parametro di sicurezza consente di emettere un ordine a fornitori in anticipo rispetto alla situazione critica corrispondente (stockout, raggiungimento livello di riordino, ecc.) un suo incremento porta una diminuzione del rischio di sottoscorta ma un aumento della giacenza di magazzino.
- Costi di Inventario: Indica la percentuale dell'immobilizzo item che si traduce in costi di giacenza, può servire per valutare scenari con fenomeni di forte svalutazione o di alti costi di magazzino.

§ *Federato Main Contractor*

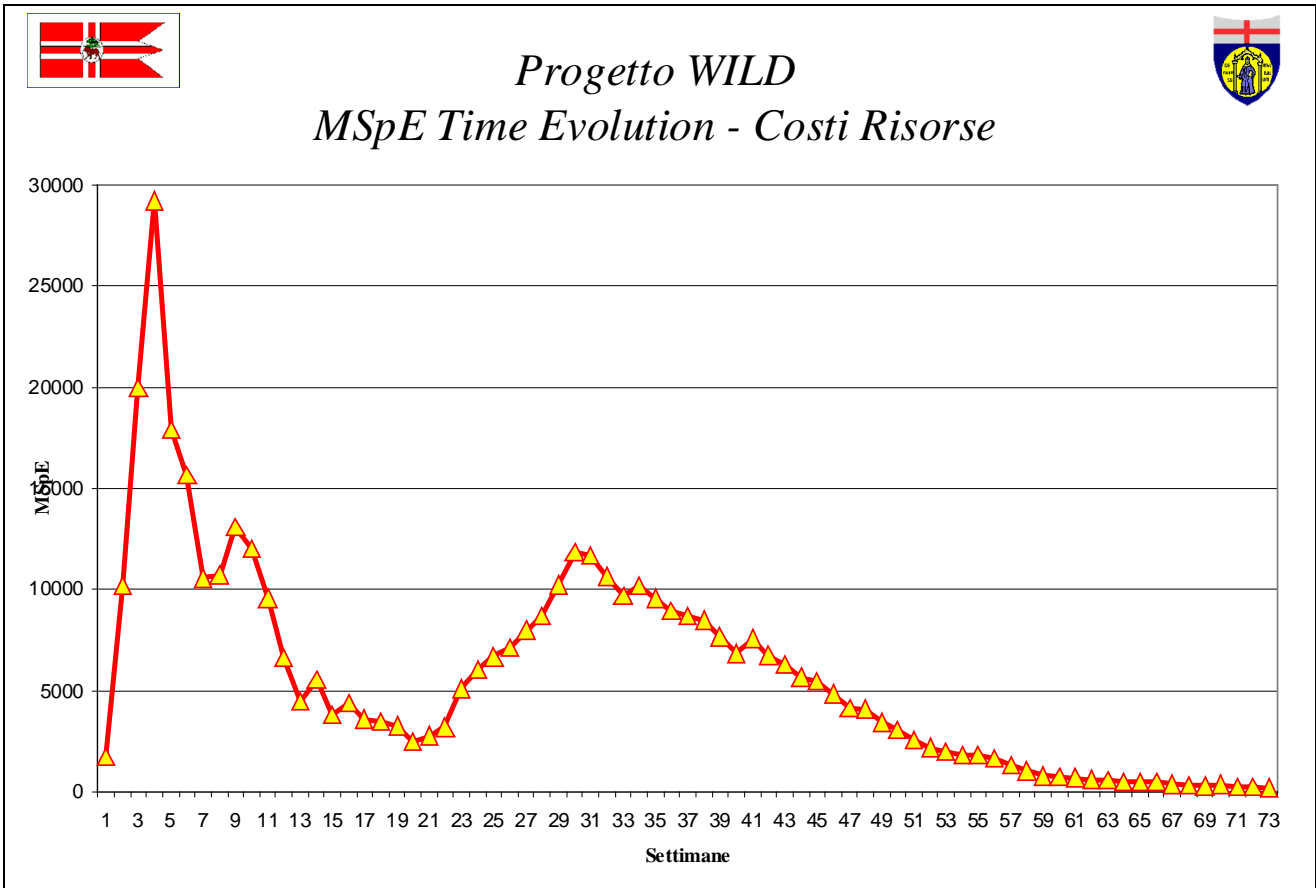
- Attitudine alla Negoziazione (H): Consente di specificare la disponibilità del federato a muoversi dalla sua posizione di ottimo verso le posizioni dell'opponente. Nel caso in esempio è il numero massimo di unità di tempo che il federato Main è disposto a cedere per raggiungere un'intesa con il federato Sub richiedente la negoziazione..
- Limite di Accettabilità (K): Rappresenta il limite massimo di accettabilità della negoziazione e può avere un valore maggiore dell'Attitudine alla negoziazione. Nel caso in esempio il federato Main con un limite di negoziazione di H è disposto a rinunciare fino a K unità di tempo pur di chiudere la negoziazione ($H < K$).
- Numero Massimo Cicli Negoziazione: Rappresenta lo stesso valore visto per il federato Sub.
- Penale Standard: Indica l'importo di penale standard che il Main contractor applica al Sub per ogni unità di tempo di ritardo in assenza di accordo.

Per la determinazione della durata del run ottimo di simulazione si è ricorso allo studio dell'andamento temporale del Puro Errore Sperimentale (MSpE) secondo una procedura costantemente seguita dal gruppo di ricerca del DIP dell'Università di Genova.

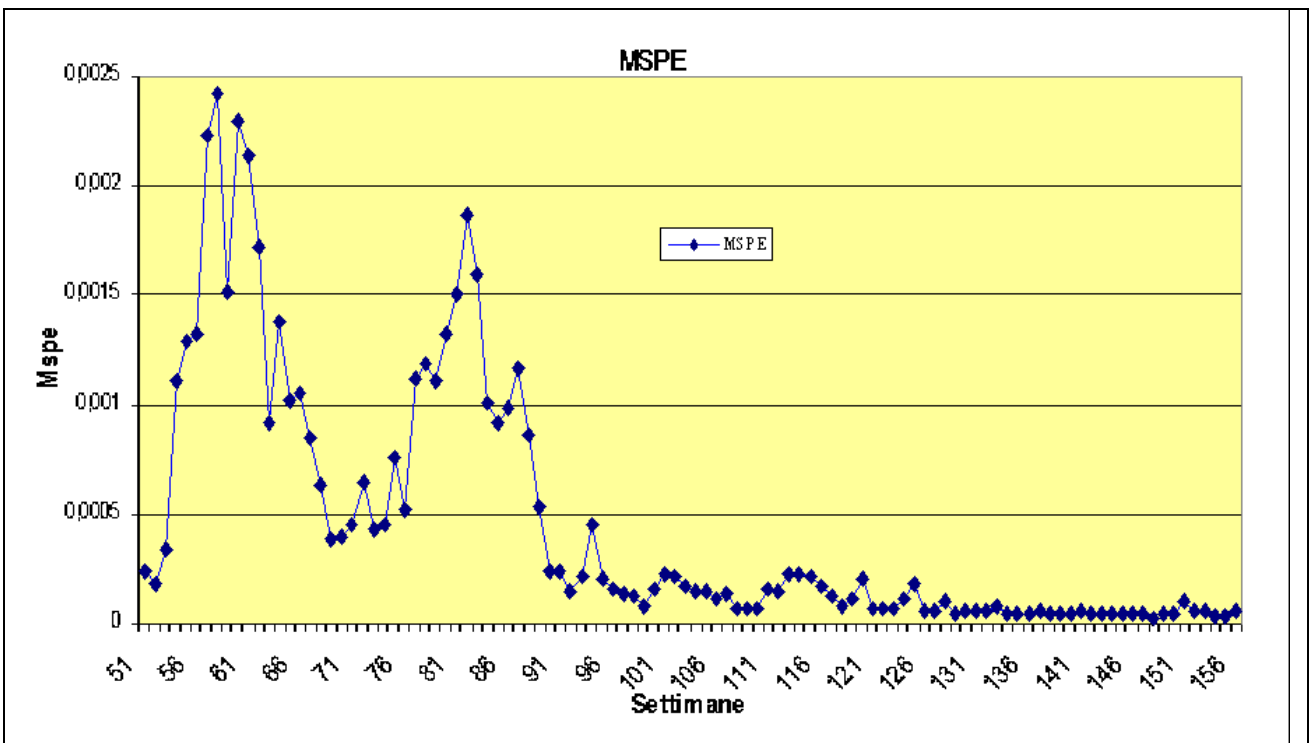
Tale metodologia prevede di studiare in un set di n replicazioni la distribuzione del puro errore sperimentale mediante l'analisi temporale del parametro che segue.

$$MSpE_k = \frac{\sum_{i=1}^n \left(y_{ik} - \frac{\sum_{j=1}^n y_{jk}}{n} \right)^2}{n-1}$$

Dove il valore di y_k indica il valore della risposta del sistema al tempo k , ed n indica il numero delle replicazioni con variazione dei semi di innesco delle variabili sperimentali. Tale valore deve, tuttavia, essere normalizzato al fine di poter definire il tipico "andamento a ginocchio". La curva, infatti, presenta un crollo del valore dalla posizione iniziale ad un plateau che permette di determinare il valore atteso dell'errore sperimentale e così identificare l'istante di stabilizzazione del modello di simulazione. Per la determinazione di tale valore è stato impiegato un set di 5 lanci ripetuti in configurazione sia Stand-alone che HLA per la durata di 156 settimane simulate equivalenti a 3 anni come funzione obiettivo è stata assunta la somma degli oneri complessivi (WIP+Risorse) in un sub contractor.



Run Preliminari – MspE Time Evolution per Convalida Preliminare Modello



Run di Convalida del Modello – MspE Time Evolution su 156 Settimane Simulate

Analisi dell'Errore Sperimentale (MSpE Time Evolution)

L'analisi della curva della Mean Square Pure Erro è stata condotta su due set di prove distinte, dapprima si è condotto un test di breve durata al fine di stimare l'impatto delle differenti cause di variabilità sul modello e verificarne in tal modo la correttezza. Tale prova ha permesso di poter

tarare la successiva durata della prove di determinazione del run ottimo di simulazione sulla base di tempi di girata più elevati. Questo approccio particolare ha consentito di poter disporre, in un tempo ragionevole, di n set di risultati minimali utili nella fase di convalida del modello stesso. Il risultato di tali prove mostra chiaramente l'andamento tipico della curva a ginocchio consentendo di poter pre-validare statisticamente il modello sviluppato. La successiva serie di sei run ottenuti mediante impostazione di differenti semi per la generazione delle variabili casuali, secondo la tecnica Montecarlo, ha permesso di identificare il tempo di run ottimo della simulazione. Per la conduzione di tale campagna sperimentale ci si è avvalsi del progetto sperimentale fattoriale della serie 2^k mediante il quale è stato analizzato un set di fattori. Tale set è stato identificato sia sul federato Sub Contractor che sul federato Main Contractor in modo da poter, successivamente, identificare la superficie di risposta corrispondente e determinare delle curve di risposta per le differenti strategie impiegate. Questo esercizio consente di poter fornire al decisore una chiave di lettura molto potente sul sistema in esame poiché permette di descrivere in forma grafica e facilmente accessibile l'interazione tra la politica di gestione del main contractor e quella dei suoi fornitori. Il progetto sperimentale utilizzato è un 2^5 con replicazione completa delle prove, tuttavia tale scelta comporta un notevole dispendio di tempo di calcolo in quanto un run completo di simulazione richiede circa 4 ore (CPU Cleron 700MHz 196Mb RAM).

Sebbene questo tempo non sia proibitivo occorre tuttavia considerare che al moltiplicarsi dei federati il tempo ed il numero di prove richiesto cresce in maniera sensibile. I parametri, infatti, dal lato sub possono essere configurati in maniera differente da federato a federato e pertanto occorre valutarne in maniera opportuna le combinazioni. La metodologia proposta dal gruppo di ricerca del DIP ha previsto la possibilità di operare con progetti fattoriali frazionati secondo lo schema generale 2^{k-p} . Tale progetto prevede di ottenere una risposta soddisfacente mediante la conduzione di un sottoinsieme di prove al prezzo di rinunciare a conoscere l'effetto di alcune iterazioni di ordine elevato. Tale prezzo può utilmente essere ridotto mediante una scelta opportuna del set di prove da condurre, in tal maniera si limita la "confusione degli effetti" solo ai gradi di interazione più elevati.

Inventory Costs & WIP		Cost & Revenues Control	
Negotiation Strategy		Week	
Negotiation Attitude	3	Order Sent	0
Acceptance Limit	5	Delayed Replenishment	0
Max # Iterations	8	Penalties Applied	0
Default Penalty	120	Penalties Earned	0
DNS	RR_Main	Orders Shipped	0
ID Main	Genova	Shipped in Delay	0
Save Default	Update	Total Inventory Costs	0.0
		Total WIP Costs	0.0
		Revenues	0.0

Data from DB Loaded [544] Index

Impostazione Parametri di Setup simulatore GG Simulator (Main Contractor)
Il Progetto Fattoriale 2^5

Il progetto fattoriale utilizzato prevede di impiegare 5 fattori tratti rispettivamente dal Sub Contractor e dal Main contractor. Nella tabella che segue è possibile vedere i fattori scelti per questo esercizio. In particolare il gruppo di ricerca del DIP si è occupato della determinazione della stima degli effetti delle differenti politiche negoziali e gestionali dei federati. Per semplicità di calcolo ed esposizione vengono presentati i risultati dell'esecuzione della federazione configurata con un federato Main Contractor, un federato Carrier ed un federato Sub Contractor.

Fattore	
Variabile	
Valore Basso	
Valore Alto	
Federato	
	A
Cicli Negoziazione	8
	16
SUB	
	B
Anticipo Negoziazione	2
	6
SUB	
	C
Anticipo Ordini	3
	9
SUB	
	D
Attitudine Negoziabile	1
	5
MAIN	
	E
Limite Negoziabile	3
	7
MAIN	

Tabella Fattori 2⁵ Design

Come si può vedere il progetto comporta l'esecuzione di simulazioni sul modello distribuito la cui configurazione è attuata come suddivisione del setup sui modelli partecipanti alla federazione. Il numero totale delle prove è risultato essere pari a 32 che divengono 64 con una replicazione completa dell'intero set. Sulla base del tempo stimato per l'esecuzione delle prove il totale stimato per la conduzione dell'intero studio ammonta a circa 256 ore pari a 32 giornate lavorative (circa 11

giorni di calendario solare). Al fine di ridurre tale valore ad un limite accettabile e compatibile con le principali esigenze gestionali si è deciso di impiegare un progetto frazionario.

Design of Experiment Progetto WILD II							
Study Type	Factorial		Experiments	64			
Initial Design	2 Level Factorial						
Design Model	5FI						
Response	Name	Units					
Y1	Oneri Totali (WIP + Risorse)	Euro					
Y2	Penali Pagate	Euro					
Factor	Name	Units	Type	Low Actual	High Actual	Low Coded	High Coded
A	Cicli Negoziazione SUB	Cicli	Numeric	8	16	-1	1
B	Anticipo Negoziazione SUB	Settimane	Numeric	2	6	-1	1
C	Anticipo Ordini SUB	Settimane	Numeric	3	9	-1	1
D	Attitudine Negoziale	Settimane	Numeric	1	5	-1	1
E	Limite Negoziale	Settimane	Numeric	3	7	-1	1

Design degli Esperimenti Impostato per WILD II

Il Progetto Fattoriale Frazionario 2^{5-2}

Questo progetto è utilizzato quando il numero dei fattori eccede decisamente le possibilità di sperimentazione, in questo caso si rinuncia ad avere una risposta più precisa e si preferisce assumere un numero limitato di prove ma sufficienti a determinare le caratteristiche principali del sistema sotto controllo.

Come è possibile ricavare dalla letteratura l'adozione di un quarto dell'intero progetto fattoriale richiede di dover determinare delle combinazioni di fattori (i generatori) in grado di identificare correttamente le prove da condurre sul sistema. La ridotta sperimentazione non consentirà di fatto di poter discriminare tra loro effetti di fattori differenti i quali saranno combinati in un unico valore. La compresenza di due effetti (o interazioni) all'interno della sperimentazione comporterà la definizione di effetti pseudonimo indistinguibili separatamente. Per cercare di massimizzare l'informazione ottenibile dal sistema si cercherà allora di definire la lista degli pseudonimi in maniera opportuna in modo da poter ottenere effetti confusi di fortemente differenziati sull'ordine. Ad esempio se lo pseudonimo di un effetto del primo ordine è confuso con quello di un ordine più elevato (esempio il terzo) possiamo ritenere che il contributo di quest'ultimo sia limitato pertanto non si commetterà un errore significativamente troppo elevato ritenendo ritenendo l'effetto del primo ordine come la somma degli effetti pseudonimi.

Il progetto ha richiesto, quindi, la definizione di due generatori rispettivamente $I_1 = ABD$ e $I_2 = ACE$ ed il terzo generatore combinazione dei precedenti due $I_3 = BCDE$ che hanno comportato la seguente tabella degli effetti e dei loro pseudonimi.

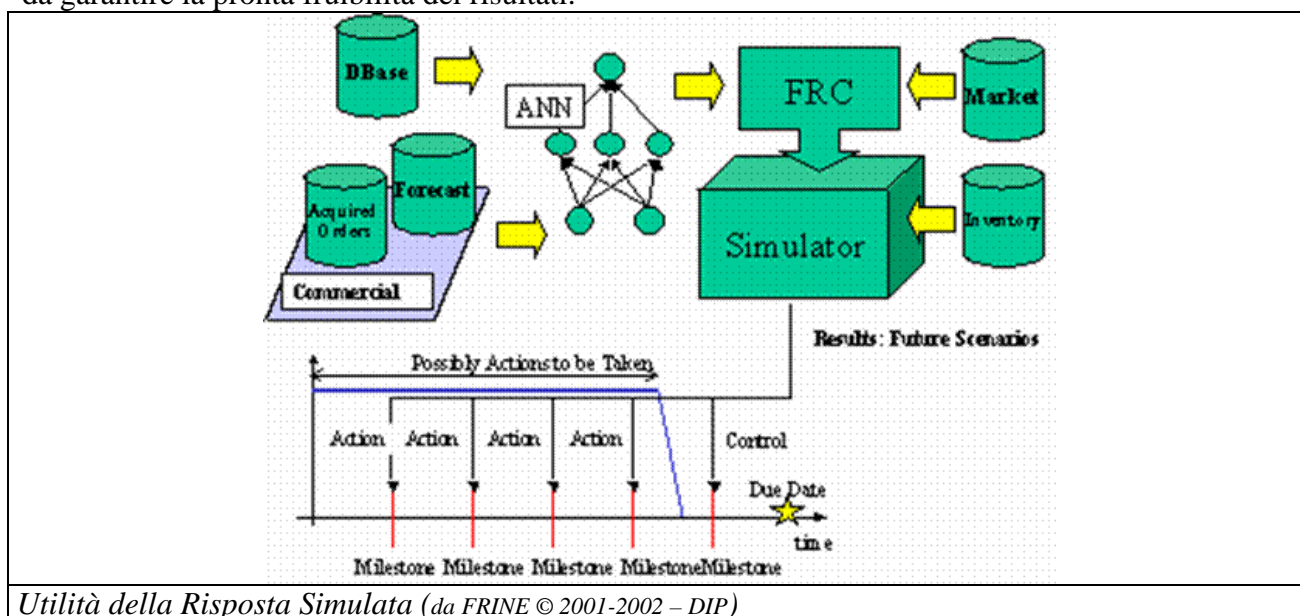
Progetto Fattoriale 2^{5-2}	
Effetti e Pseudonimi	
	$A + BD + CE$
	$B + AD + CDE$
	$C + AE + BDE$
	$D + AB + BCE$
	$E + AC + BCD$
	$BC + DE + ABE + ACD$
	$BE + CD + ABC + ADE$

Tabella degli Pseudonimi per il Progetto Scelto

In tal modo è possibile stimare tutti gli effetti del primo ordine attraverso la misura dell'effetto congiunto il quale risulta confuso con interazioni del secondo e terzo ordine. Il tempo di sperimentazione diviene, a questo punto, sensibilmente ridotto assestandosi a sole 64 ore pari a circa 8 giornate lavorative di sperimentazione. Questa necessità per avere risultati in tempi brevi invece sacrificando la precisione diviene particolarmente evidente se si considera il diagramma dell'utilità della risposta simulata al passare del tempo, grafico presentato nella figura che segue.

Nel caso presentato il modello di simulazione è accoppiato ad un algoritmo neurale in modo da poter determinare, in maniera opportuna, il carico di lavoro delle risorse di assemblaggio ed eventualmente riprogrammare le linee per far fronte ad eventi improvvisi. Risulta evidente che la risposta al simulatore consente di evidenziare delle criticità e delle infattibilità che possono essere corrette solo ricorrendo ad opportune azioni mirate. La possibilità di attuare tali misure (es. ricorso a terzisti, ricorso ad extra-turni) è praticabile nella misura in cui il tempo per porre in essere la contromisura sia tale da garantirne l'efficacia. Nel caso in cui questa informazione giungesse troppo in ritardo la possibilità di attuare un'azione efficace sul sistema diminuirebbe sensibilmente fino ad annullarsi rendendo quindi l'utilità dell'informazione pressoché nulla.

In tale scenario è possibile massimizzare l'utilità della risposta simulativi operando in maniera tale da garantire la pronta fruibilità dei risultati.



Utilità della Risposta Simulata (da FRINE © 2001-2002 - DIP)

DE, Università de L'Aquila

Il simulatore di trasporto è stato utilizzato sia come sistema stand-alone che in federazione tipo HLA su rete locale al fine di sperimentare euristiche alternative e valutare sistematicamente l'impatto delle prestazioni del sistema di trasporto su differenti tipologie di supply chain. Tale attività, iniziata nell'ambito del presente programma di ricerca, sarà oggetto di ulteriore futuro approfondimento al fine di giungere alle necessarie generalizzazioni dei criteri gestionali. Sono state considerate supply chain a basso od elevato numero di partecipanti, su scala locale o su lunga distanza e con frequenza di ordini variabile.

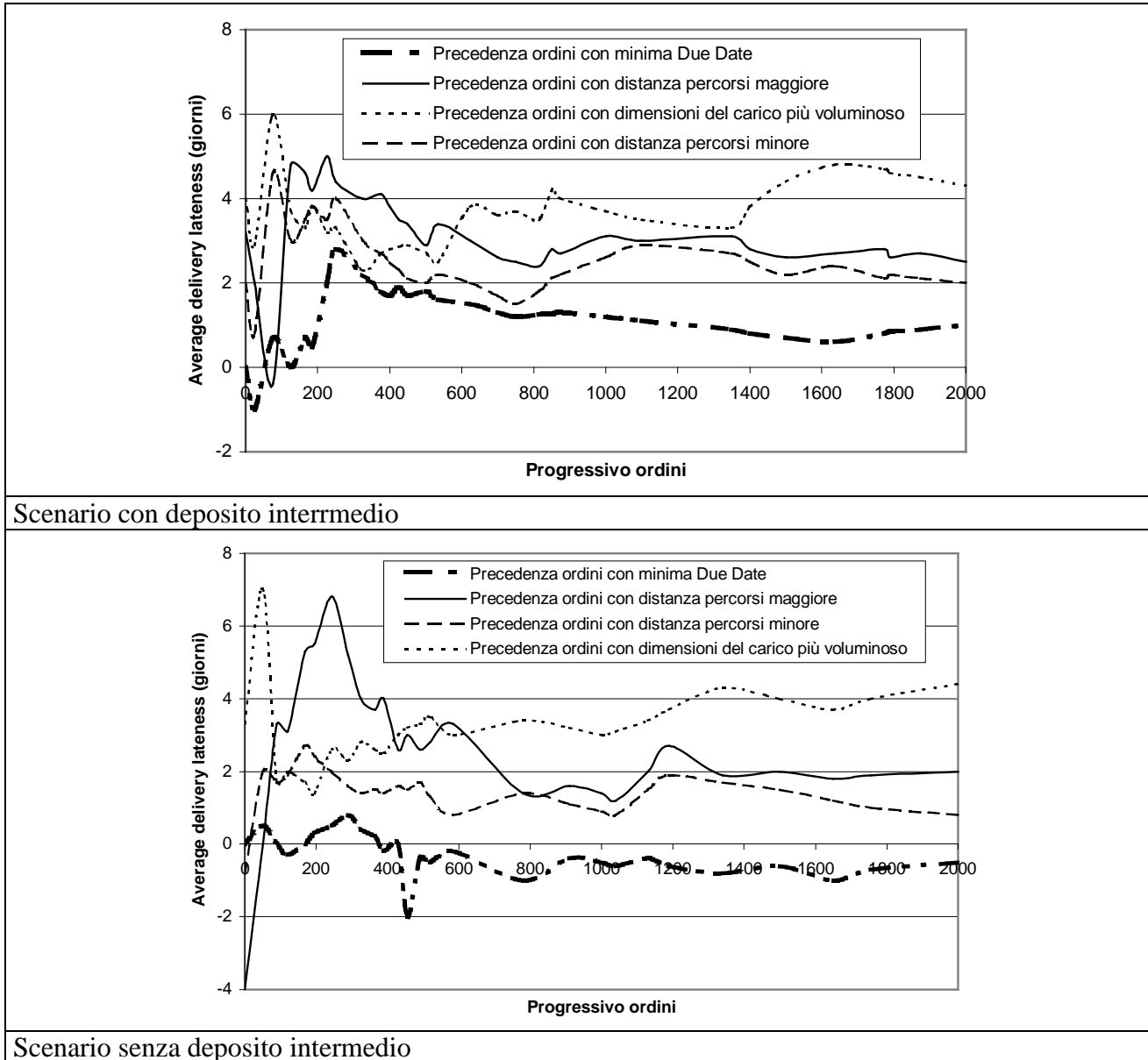
A titolo esemplificativo per la valutazione delle potenzialità dello strumento sviluppato, si riportano alcuni risultati di simulazioni preliminari effettuate considerando quale misura di prestazione il lateness medio di consegna

$$\text{Average Lateness} = \frac{\sum_{i=1}^N (\text{Delivery due date} - \text{Due date})_i}{N}$$

calcolato su N ordini evasi in relazione ad una supply chain comprendente tre fornitori, otto clienti ed un federato trasportatore, dotato di una flotta di capacità pari a due veicoli di media dimensione operanti su scala regionale. La domanda è stata assunta come variabile stocastica con valore medio

6 ordini/giorno e deviazione standard pari a 2 ordini/giorno. Sono stati considerati sia scenari in cui vi è la presenza di un deposito di stoccaggio centrale al quale convergono le merci prima della distribuzione ai clienti, sia scenari in cui il veicolo trasportatore parte dal deposito e vi torna effettuando in un unico percorso le operazioni di prelievo/consegna.

Le figure seguenti riportano l'andamento del lateness di consegna nei due casi citati.



Si può notare come nello scenario rappresentato dalla presenza di deposito intermedio che svolge funzione di centro di consolidamento nessuna delle regole di priorità adottate per l'assegnazione degli ordini alle risorse di trasporto permetta di evitare ritardi nelle consegne, che, come atteso, risultano maggiormente contenuti nel caso di precedenza agli ordini con data di consegna minore.

Nel caso invece di scenario privo di deposito di stoccaggio intermedio, nel quale l'automezzo esegue in successione prelievo e consegna della merce, la scelta di un criterio di priorità basato sulla minima Due Date permette di evitare ritardi nelle consegne, le quali anzi vengono mediamente effettuate in anticipo. Per tutti gli altri criteri si nota comunque un miglioramento del valore medio dell'indice prestazionale considerato.

DIG, Politecnico di Milano

Date le peculiarità di integrazione del modello Plyform, si è eseguita una campagna di sperimentazione del modello Plyform in *modalità stand alone*, prima di verificarne il comportamento nella federazione base.

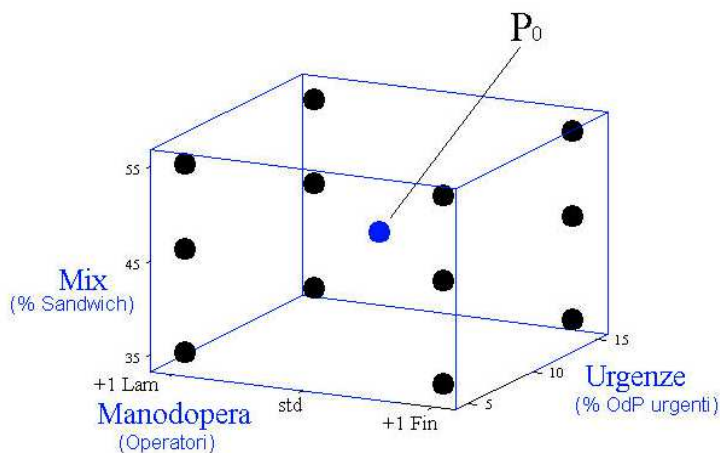
Tale modalità di gestione degli esperimenti è stata scelta anche alla luce della procedura di convalida di una federazione composta da attori ed agenti indipendenti proposta nel proseguo del seguente lavoro (par. Analisi e test delle logiche decisionali di ciascun agente).

Il modello di simulazione Plyform è stato eseguito per una serie di 4 run consecutivi indipendenti, di durata posta pari ad un anno di produzione. La lunghezza dei run è stata decisa alla luce sia delle risposte del singolo modello, sia prevedendo la lunghezza totale della simulazione a livello di federazione. Il numero di run è stato calcolato secondo la metodologia classicamente adottata negli studi di simulazione.

La sperimentazione del singolo nodo Plyform è stata eseguita secondo un piano di campagne concordato con l'azienda, al fine di monitorare i fattori ritenuti veramente critici per la schedulazione della produzione. Tali fattori sono stati individuati :

- (i) nel Mix di produzione espresso in termini di percentuali di prodotti critici (pannelli sandwich, componenti fondamentali della produzione in material composito del velivolo P180);
- (ii) nella gestione della manodopera (variabile lavorativa basilare della produzione dei materiali compositi);
- (iii) nel grado delle urgenze (variabile di programmazione concordata con Piaggio).

Il piano fattoriale degli esperimenti è risultato quindi quello in figura.



Piano fattoriale degli esperimenti

Campagna sperimentale del federato Plyform

A titolo di esempio, la condizione sperimentale di partenza è stata quella effettivamente presente in azienda, riprodotta in relazione ai fattori indagati in tabella seguente.

Manodopera	Urgenze	Mix produttivo
20 operatori in Laminazione 10 operatori in Finitura	10% di pezzi sull'ordine medio	46% Pannelli sandwich 54% Laminati solidi

Condizione sperimentale di partenza

Le restanti condizioni sperimentali sono state impostate in modo da verificare una condizione ottimistica o pessimistica. Il *design fattoriale* della campagna di sperimentazione completo è risultato composto da 12 condizioni sperimentali, riportate in tabella seguente.

Operatori	Urgenze (%)	Mix (%)
+1 Lam	5	35
+1 Lam	5	46
+1 Lam	5	55
+1 Lam	15	35
+1 Lam	15	46
+1 Lam	15	55
+1 Fin	5	35
+1 Fin	5	46
+1 Fin	5	55
+1 Fin	15	35
+1 Fin	15	46
+1 Fin	15	55

Condizioni sperimentali realizzate nella campagna di sperimentazione del singolo nodo Plyform

Le variabili di prestazioni monitorate nel modello Plyform sono state in tutto 7, decise di concerto con l'azienda, identificandole tra quelle considerate come maggiormente rilevanti per la schedulazione della produzione. Tali variabili sono:

1. *Work In Progress* del reparto laminazione;
2. *Work In Progress* del reparto polimerizzazione;
3. *Work In Progress* del reparto finitura;
4. Produzione cumulata;
5. Indice di saturazione volumetrico medio delle autoclavi;
6. *Flow time* degli articoli con consegna normale;
7. *Flow time* degli articoli con consegna urgente.

Le prime tre variabili (WIP) si riferiscono al numero di pezzi immobilizzati all'interno di ogni singolo reparto, ovvero a tutti quei pezzi che sono in fase di lavorazione o in attesa. Tale variabile di prestazione è stata monitorata al fine di mettere in evidenza le seguenti eventuali carenze:

- § Sbilanciamenti tra le risorse produttive dei vari reparti;
- § Dinamiche indesiderate nei tempi di produzione e di attesa;
- § Code o colli di bottiglia del sistema;
- § Instabilità dei flussi produttivi.

La produzione di pezzi nel tempo mette in luce le potenzialità effettive dell'azienda, in relazione alle risorse a disposizione ed al mix di produzione richiesto. L'indice di saturazione volumetrico medio delle autoclavi (media degli indici delle autoclavi presenti in azienda) è un parametro tecnologico che mette in evidenza le modalità di sfruttamento delle risorse a disposizione. È stato identificato come parametro critico di schedulazione dal responsabile di produzione dell'azienda. Le ultime due variabili (*flow time*) sono indici della fluidità di processo e della bontà organizzativa che si celano dietro l'apparato produttivo. Esse determinano cioè la risposta dinamica del sistema, ovvero la capacità intrinseca dello stesso nel rispondere ad un impulso esterno. Elevati valori di questi parametri, o eventuali trend di crescita nel tempo, sono evidentemente campanelli d'allarme, sintomi di stress del processo produttivo. Tali parametri sono quelli di maggior attenzione all'interno della schedulazione della filiera produttiva complessiva simulata nella federazione.

La sperimentazione del singolo nodo Plyform realizzata deriva dalla visione di insieme proposta nel paragrafo Analisi e test delle logiche decisionali di ciascun agente, in accordo alla visione suggerita dal Dipartimento di Ingegneria Gestionale del Politecnico di Milano.

La tabella seguente riporta a titolo di esempio i risultati della campagna di sperimentazione condotta sul singolo federato Plyform.

Gestione della Supply Chain mediante Federazione di Simulatori Interagenti

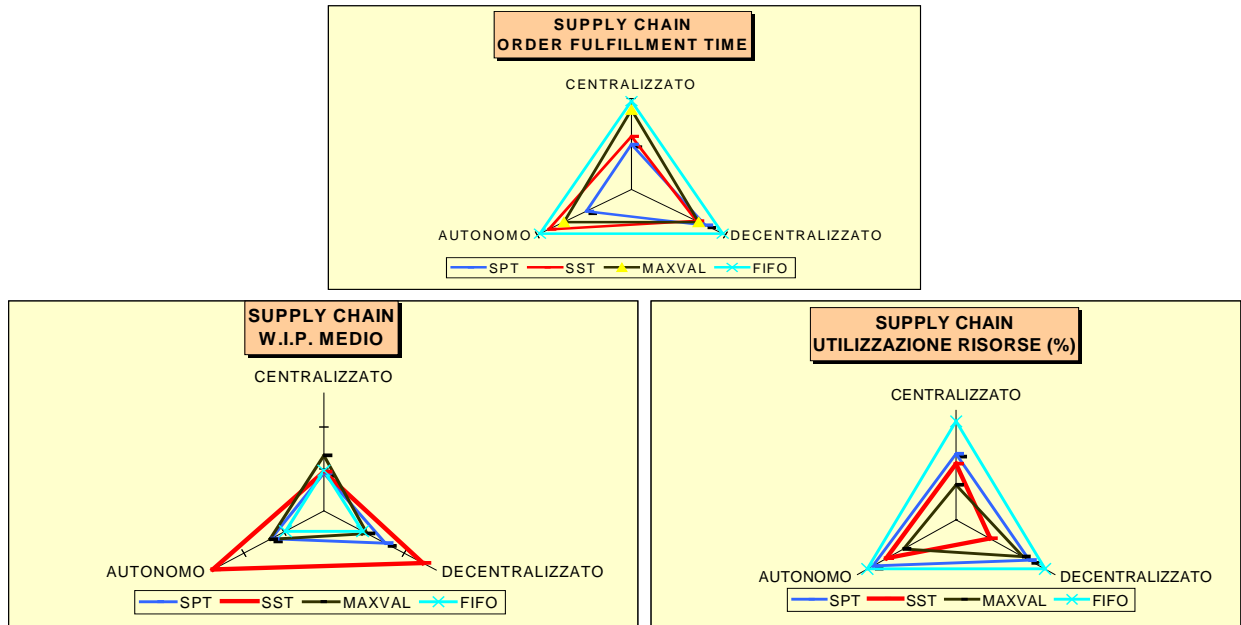
Operatori	Urgenze	Mix	Produz. [pezzi]	WIP Lam [pezzi]	WIP Pol [pezzi]	FinFT [giorni]	norm.FT [giorni]	urg.IS (adimens.)	Autoc.
+1 Lam	5	35	25,198	37,161	32,626	217,343	26,100	9,953	0,536
+1 Lam	5	35	25,584	33,412	51,858	78,297	22,665	7,287	0,555
+1 Lam	5	35	25,319	38,113	38,547	127,350	25,402	9,592	0,559
+1 Lam	5	35	23,725	44,113	40,618	545,269	34,213	14,763	0,492
+1 Lam	5	46	25,169	46,831	40,356	167,787	26,775	9,116	0,530
+1 Lam	5	46	24,623	45,959	35,346	249,118	30,238	11,575	0,492
+1 Lam	5	46	23,713	45,489	50,083	250,196	30,268	10,033	0,544
+1 Lam	5	46	25,595	40,709	37,431	233,513	27,981	10,703	0,487
+1 Lam	5	55	24,419	54,449	39,403	31,146	24,157	5,838	0,522
+1 Lam	5	55	22,943	99,916	30,384	38,062	33,715	9,522	0,486
+1 Lam	5	55	20,298	31,538	27,322	18,814	20,589	5,263	0,463
+1 Lam	5	55	21,455	52,798	25,612	26,432	22,011	5,906	0,479
+1 Lam	15	35	25,590	35,043	36,460	207,817	27,462	11,924	0,529
+1 Lam	15	35	25,941	32,191	51,428	108,390	24,900	9,989	0,548
+1 Lam	15	35	25,144	38,386	35,863	135,641	27,115	11,578	0,566
+1 Lam	15	35	23,603	45,085	42,519	548,457	36,633	17,087	0,498
+1 Lam	15	46	25,539	49,471	38,613	147,643	27,881	10,682	0,521
+1 Lam	15	46	25,382	40,622	40,868	249,101	32,288	13,971	0,500
+1 Lam	15	46	23,999	48,459	50,507	246,013	32,919	13,329	0,534
+1 Lam	15	46	25,179	39,248	39,375	219,389	30,292	12,909	0,495
+1 Lam	15	55	23,245	54,463	35,716	33,523	25,930	8,229	0,521
+1 Lam	15	55	22,163	96,832	31,138	40,147	36,610	12,390	0,482
+1 Lam	15	55	19,449	30,824	26,490	18,246	22,144	7,145	0,472
+1 Lam	15	55	20,655	51,116	27,364	25,951	23,389	8,457	0,484
+1 Fin	5	35	24,575	38,414	34,639	29,661	22,277	6,217	0,533
+1 Fin	5	35	24,884	33,630	49,963	27,409	19,842	5,112	0,546
+1 Fin	5	35	25,869	41,513	36,776	32,519	22,298	6,361	0,571
+1 Fin	5	35	26,814	65,568	41,268	123,964	27,711	7,572	0,485
+1 Fin	5	46	24,805	69,523	37,052	29,366	25,224	6,229	0,514
+1 Fin	5	46	23,927	56,150	34,407	27,546	25,396	7,008	0,497
+1 Fin	5	46	23,856	78,598	42,447	40,216	28,032	7,073	0,535
+1 Fin	5	46	26,310	55,491	35,444	35,285	24,626	6,273	0,478
+1 Fin	5	55	22,801	73,816	34,324	20,855	25,612	5,945	0,510
+1 Fin	5	55	21,841	126,785	27,711	22,256	35,041	9,736	0,476
+1 Fin	5	55	21,448	34,536	26,869	19,144	21,654	5,347	0,461
+1 Fin	5	55	20,625	81,656	21,573	21,077	24,195	6,355	0,467
+1 Fin	15	35	24,710	42,305	33,532	30,833	23,812	8,153	0,541
+1 Fin	15	35	25,472	35,004	47,585	30,443	21,681	7,241	0,548
+1 Fin	15	35	24,855	42,100	39,076	30,001	23,755	8,221	0,557
+1 Fin	15	35	26,461	69,504	37,914	143,051	30,375	10,929	0,487
+1 Fin	15	46	25,280	68,201	37,985	31,969	27,540	9,025	0,509
+1 Fin	15	46	23,642	60,880	31,968	37,068	27,653	9,496	0,493
+1 Fin	15	46	24,677	80,726	42,127	36,640	30,131	10,047	0,519
+1 Fin	15	46	25,759	53,331	38,634	35,005	27,002	8,975	0,492
+1 Fin	15	55	22,802	82,224	35,075	24,849	27,901	8,622	0,520
+1 Fin	15	55	21,373	125,953	27,739	24,033	38,063	12,751	0,465
+1 Fin	15	55	21,114	34,480	29,707	17,765	23,478	7,276	0,467
+1 Fin	15	55	20,214	78,951	23,984	20,099	25,780	9,115	0,466

Risultati sperimentali ottenuti

Comparazioni mono-obiettivo tra i criteri di schedulazione per la supply chain

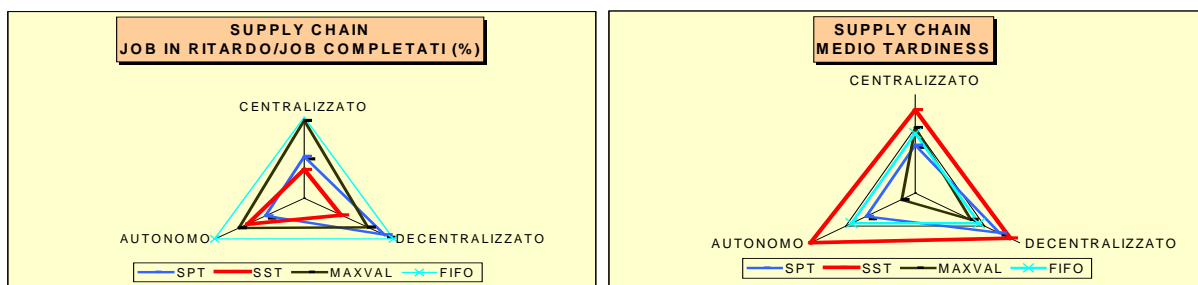
Si riportano, ora, alcuni grafici per la comparazione dei criteri di schedulazione.

Per ogni indice vengono diagrammati i risultati conseguiti dalle schedulazioni nelle tre tipologie di coordinamento, in merito alle prestazioni globali della catena.

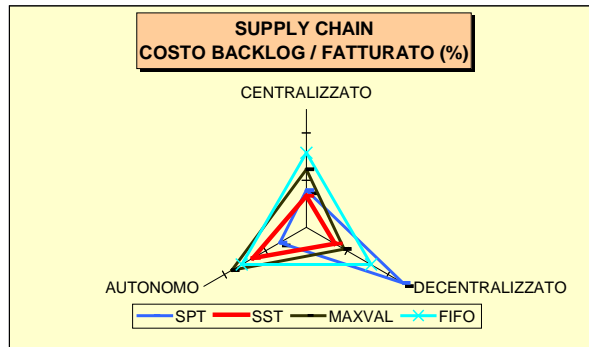


I primi tre grafici mettono in luce che l'SPT garantisce le migliori performance legate alla prospettiva interna, come era lecito attendersi. Infatti, l'Order Fulfillment Time risulta minimo sia nella gestione centralizzata che autonoma, esso è raggiunto dall'SST e dal MAXVAL solo nella gestione decentrata. Inoltre, l'SPT garantisce la maggiore utilizzazione delle risorse, in tutti e tre i coordinamenti considerati. L'unico dato singolare, per quanto riguarda la prospettiva interna, è costituito dal WIP medio nel coordinamento decentralizzato. In tale gestione, difatti, il minor WIP medio è dato dal MAXVAL. Si osserva, in generale, una minore efficacia dell'SPT nella gestione decentralizzata, che si esplica nell'aumento del FLOW TIME (OFT), e conseguentemente, del WIP. Questo comportamento può essere attribuito al fatto che dare la precedenza agli ordini SC senza disporre di informazioni globali può significare, in certi casi, schedulare in maniera addirittura opposta all'SPT, dando alta priorità ad ordini che hanno bassi tempi di processo locale, mentre il loro tempo di processo complessivo è elevato.

Dal grafico sulla Percentuale Ritardi, si può notare che l'SST, applicato alle forme di coordinamento centralizzato e decentralizzato, assolve bene al compito di migliorare il servizio al cliente, mentre nella gestione autonoma viene superato dall' SPT.



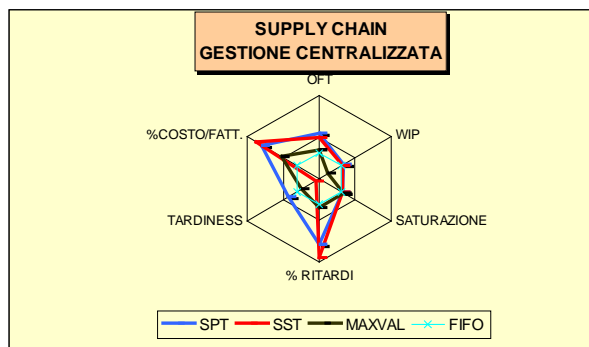
Il grafico sul Tardiness medio mostra l'altro aspetto dell'SST: una bassa percentuale di job in ritardo comporta un elevato valore del medio tardiness. Questo significa che aumentare sensibilmente la puntualità delle consegne tramite l'SST, equivale a ritardare un numero limitato di ordini, che usciranno dal sistema con un elevato ritardo. Il MAXVAL è in grado di migliorare entrambe le prestazioni rispetto alla configurazione FIFO, ma con risultati più apprezzabili in termini di ritardo medio. Dipenderà della natura dei prodotti, dalle esigenze della clientela e dalla concorrenza la scelta dell'indice da valorizzare.



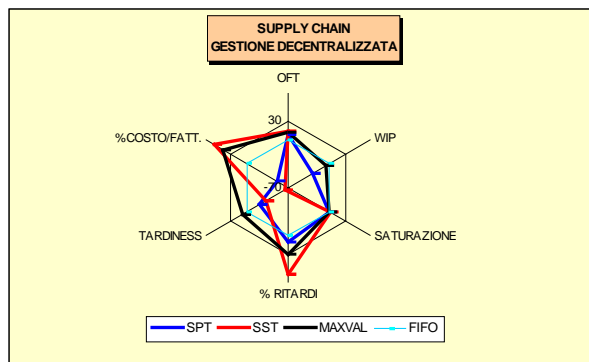
Il grafico dell'indice economico evidenzia che quasi tutte le combinazioni schedulazione-coordinamento appaiono come interventi migliorativi rispetto al caso FIFO, con l'eccezione dell'SPT-decentralizzato.

COMPARAZIONE MULTI-OBIETTIVO TRA CRITERI DI SCHEDULAZIONE

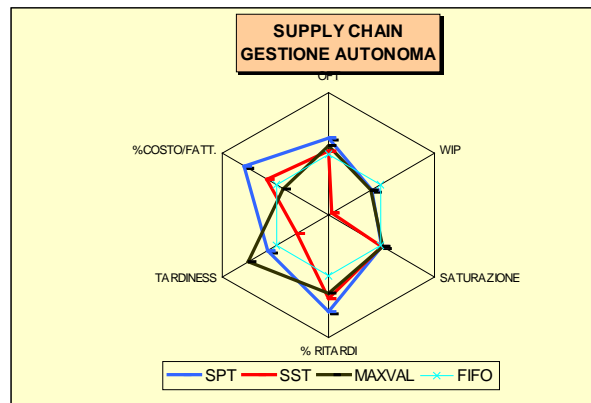
I tre seguenti grafici mostrano i miglioramenti percentuali sui sei indici prestazionali conseguiti dai tre criteri di schedulazione rispetto al sistema FIFO. Quindi, i punti interni all'esagono FIFO vanno interpretati come peggioramenti.



Nella gestione centralizzata, l'SPT fornisce i migliori risultati sotto tutti i punti di vista. Il MAXVAL, invece offre i risultati più scadenti, causando un aumento di wip e del tardiness medio, rispetto al FIFO.



Nella gestione decentralizzata, la Supply Chain vede esaltare la propria performance generale con la schedulazione MAXVAL.



Nella gestione autonoma, infine, l’SPT è di nuovo la schedulazione da preferire alle altre, in termini globali.

È da sottolineare che, in tutte le gestioni, l’SST dà esiti negativi in particolare per il wip e il medio tardiness, mentre diminuiscono i job in ritardo, il che sta ad indicare la stagnazione nel sistema di pochi job per molto tempo. Evidentemente, una priorità basata sullo slack time dovrebbe essere aggiornata anche durante i processi produttivi, e non solo all’ingresso del sistema. Nella gestione centralizzata questo comportamento è più evidente, con il livello di wip uguale al caso FIFO, meno job in ritardo e un tardiness molto elevato: pochissimi lotti rischiano di rimanere troppo a lungo nel sistema. Per gli altri aspetti della performance l’SST dà risultati decisamente buoni, mentre il MAXVAL si dimostra equilibrato soltanto nella gestione decentralizzata.

Sperimentazione dello schedulatore ad agenti

Sperimentazione n.1

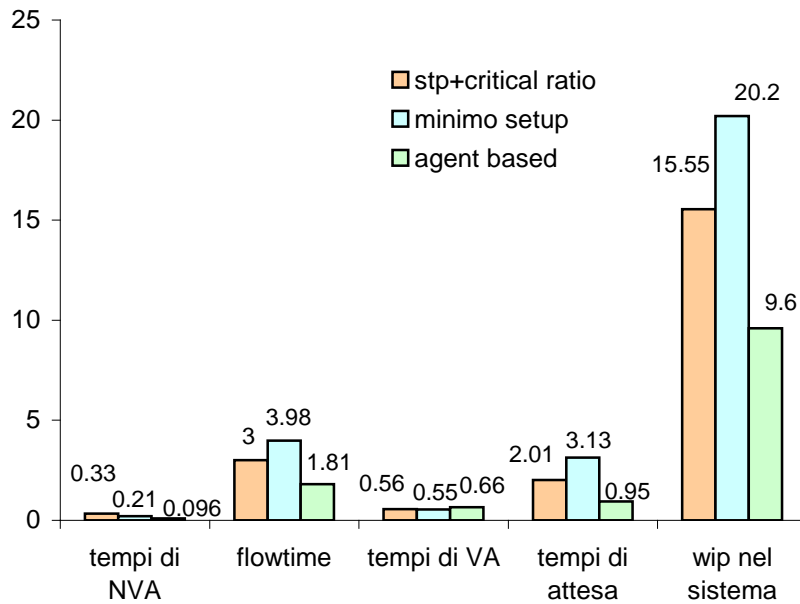
Le note seguenti mostrano i risultati ottenuti assumendo, per il set di variabili di partenza, l’insieme dei valori descritti nel paragrafo precedente. I tempi di lavorazione assunti durante le varie fasi del ciclo sono espressi da una distribuzione triangolare di probabilità avente i seguenti valori:

	Min	mod	max
Fase 1	8	10	12
Fase 2	5	15	20
Fase 3	5	10	15
Fase 4	8	12	14

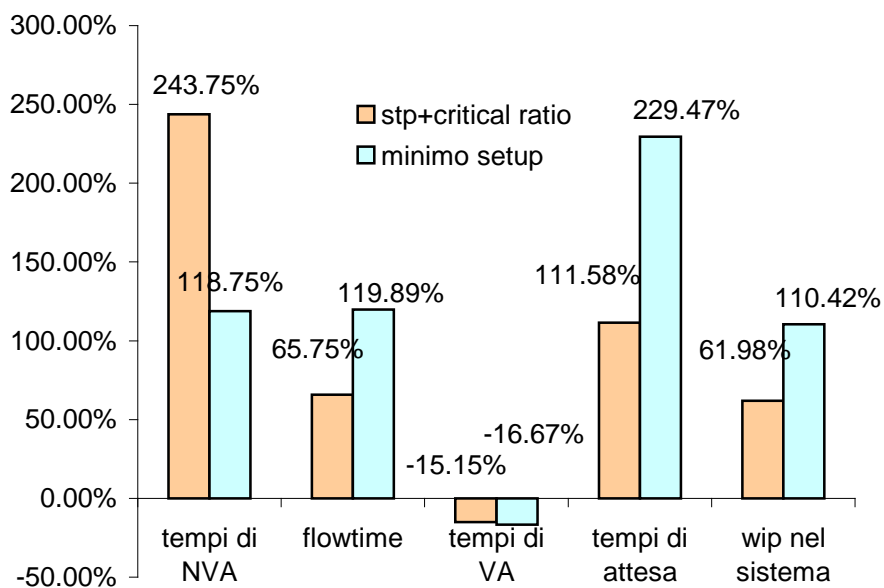
Come si osserva dai dati riportati nei grafici seguenti, il modello ad agenti presenta un generale miglioramento delle misure di efficienza del sistema produttivo, tuttavia le differenze sostanziali rispetto ai due modelli di confronto sono le seguenti:

- Il tempo medio di attraversamento della generica entità (*flowtime*) si riduce rispettivamente del 45% rispetto al modello basato sullo *stp* e del 43% rispetto al modello basato sul *minimo setup*
- I tempi di NVA si riducono del 73% rispetto al modello *stp* e del 60% rispetto al modello del *minimo setup*
- Il tempo medio di attesa della generica entità si riduce del 58% rispetto ad entrambi i modelli.
- Il numero medio di entità contemporaneamente presenti nel sistema (*wip*) si riduce rispettivamente del 43% e del 41% .

I grafici riportati nelle figure seguenti mostrano i risultati appena descritti.



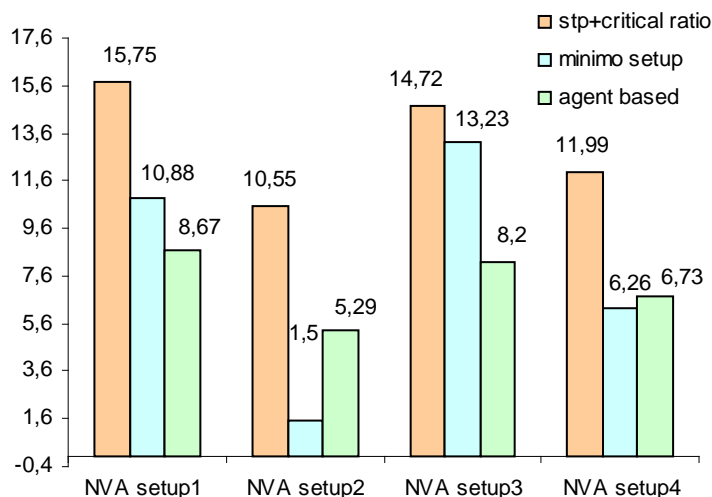
valori medi per entità delle misure di efficienza dei tre modelli



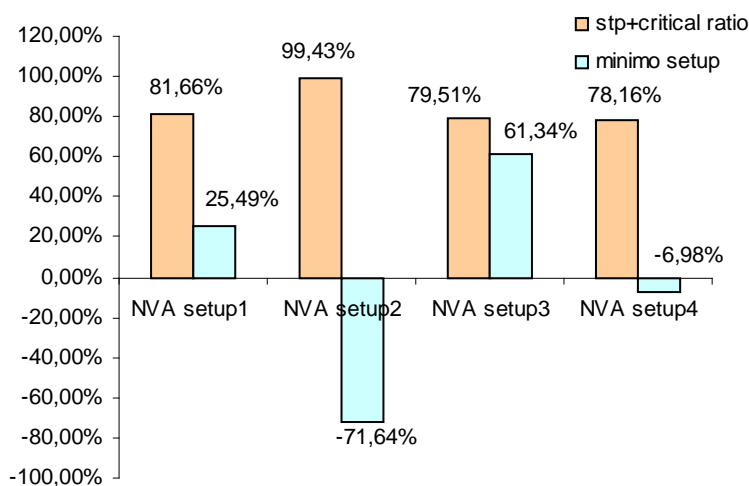
variazione delle misure di efficienza dei due modelli di confronto rispetto al modello ad agenti.

Dalle considerazioni fatte più volte nel corso della descrizione concettuale del modello ad agenti, si è visto che il risultato più importante di questo modello, in termini di ottimizzazione delle politiche di smistamento delle varie parti, si sarebbe mostrato nella ottimizzazione delle catene di setup e nella riduzione del numero complessivo di attrezzaggi.

Le figure mostrano rispettivamente i tempi totali di NVA dovuti ai setup per i tre modelli e le variazioni dei due modelli rispetto al modello ad agenti



tempi cumulati (ore) di setup per le varie macchine nei tre modelli

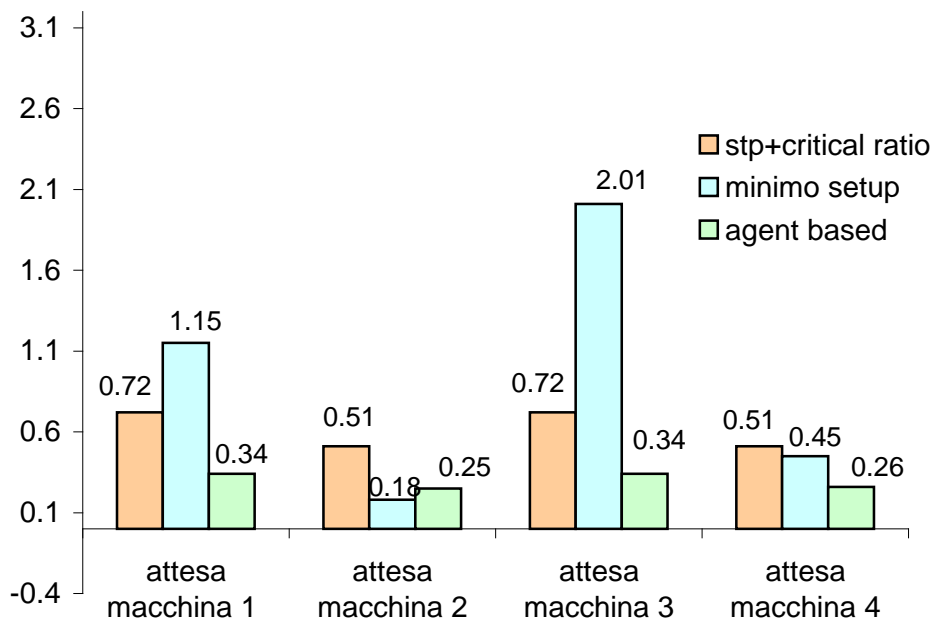


variazione nei due modelli dei tempi di setup cumulati per la varie risorse presenti nella cella

dalla media dei valori riportati risulta che il modello *stp + critical ratio* comporta, complessivamente e rispetto al *modello ad agenti*, un aumento dei tempi di setup del 96.3%, mentre il modello orientato al *minimo setup* un aumento medio del 14,3% .

L'aumento globale dei tempi di attrezzaggio per il sistema orientato al minimo setup può sembrare contrastante con la politica del modello, tuttavia occorre ricordare che il comportamento emergente di un sistema avente radici semplici può risultare complesso, infatti i job vengono allocati sulla risorsa avente il minor tempo di setup solo quando il budget lo permette, pertanto, l'aumento delle file di attesa delle risorse che hanno un basso tempo di setup per una data lavorazione inducono gli agenti a scegliere risorse per le quali, pur essendo il tempo di setup maggiore, offrono un prezzo che rientra nel budget, da ciò ne consegue una frammentazione degli attrezzaggi successivi sulle risorse in grado di offrire un prezzo concorrenziale con un conseguente aumento dei tempi effettivamente impiegati per eseguire gli attrezzaggi. Inoltre, le risorse che hanno un tempo di setup maggiore rispetto alle altre (nel nostro caso la macchina numero 2), non vendono quasi mai il loro servizio veicolando i job verso le altre macchine, da ciò deriva una anomala condizione di sbilanciamento del carico di lavoro complessivo delle risorse.

I grafici successivi mostrano i risultati e gli scostamenti rispetto al modello ad agenti, dei tempi di attesa e del numero medio di entità nelle code che si formano alle stazioni di ingresso delle varie macchine.



sperimentazione:tempi medi di attesa in coda alle varie macchine nei tre modelli

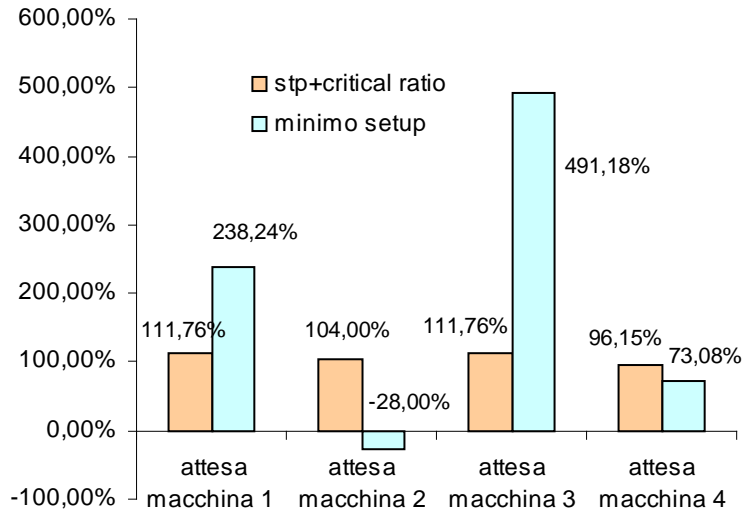
Preme sottolineare che, ai fini di un'analisi di dettaglio, osservare che i tempi di attesa del modello ad agenti sono minori di tutti gli altri, esprime solo in parte il livello di ottimizzazione promosso dal sistema, utili informazioni infatti possono essere ricavate anche dal modo in sono distribuiti tali valori. La seguente tabella mostra, per i valori riportati in figura 5.7.a, il valore medio μ e la deviazione standard σ dei tempi di attesa presso le varie macchine, per tutti e tre i modelli (valori espressi in ore)

modello ad agenti		stp + critical ratio		minimo setup	
Attesa macchina 1	0,34	attesa macchina 1	0,72	attesa macchina 1	1,15
Attesa macchina 2	0,25	attesa macchina 2	0,51	attesa macchina 2	0,18
Attesa macchina 3	0,34	attesa macchina 3	0,72	attesa macchina 3	2,01
Attesa macchina 4	0,26	attesa macchina 4	0,51	attesa macchina 4	0,45
μ	<u>0,298</u>	μ	<u>0,615</u>	μ	<u>0,948</u>
σ	0,049	σ	0,121	σ	0,818

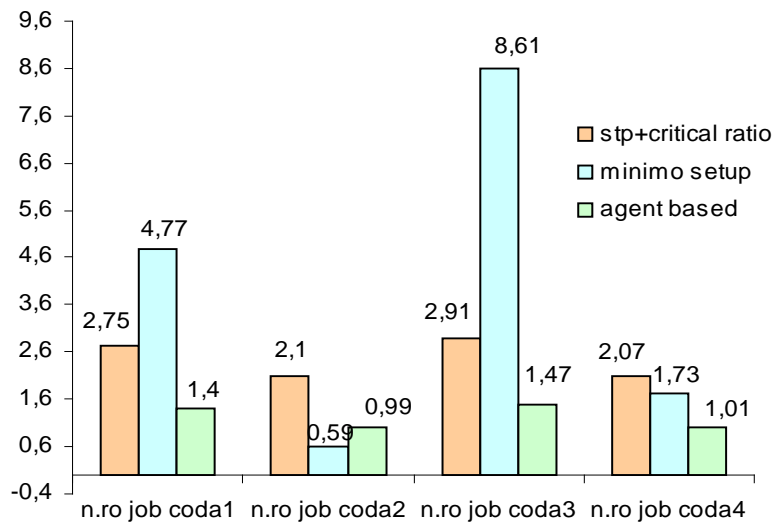
sperimentazione:media e deviazione standard dei tempi medi di attesa in coda

il tempo medio atteso dalla generica entità nel sistema ad agenti risulta minore per tutti i centri di lavoro, si osserva inoltre che i tempi medi di attesa presso le varie macchine hanno, a differenza degli altri due modelli, un basso scostamento dal loro valore medio, tale condizione induce a ritenere che il modello ad agenti offre, oltre ad una riduzione del tempo complessivo di attesa, una migliore prestazione in termini di bilanciamento di carico delle risorse.

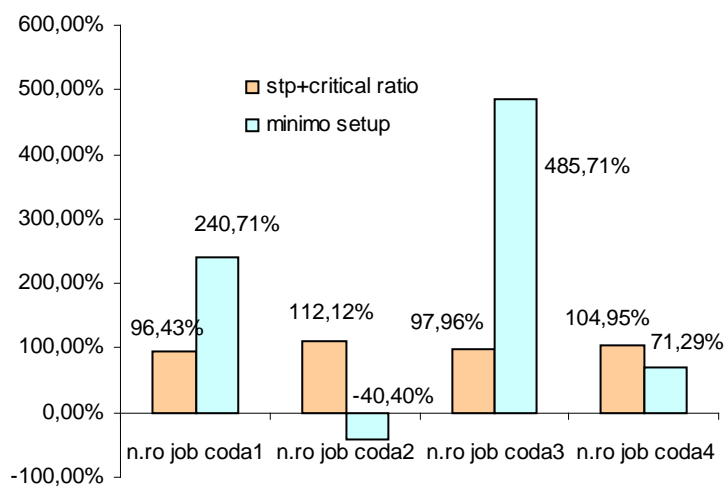
Viceversa, si nota facilmente che il tempo medio di attesa all'ingresso della macchina 2 nel modello di minimo setup diminuisce del 20%, tuttavia tale risultato non è da intendersi come un miglioramento in termini di prestazione poiché non solo provoca un aumento considerevole delle file di attesa delle altre macchine (sbilanciando il sistema) ma comporta una riduzione del coefficiente di saturazione di tale macchina nel suddetto modello.



variazioni % dei tempi medi di attesa in coda rispetto al modello ad agenti

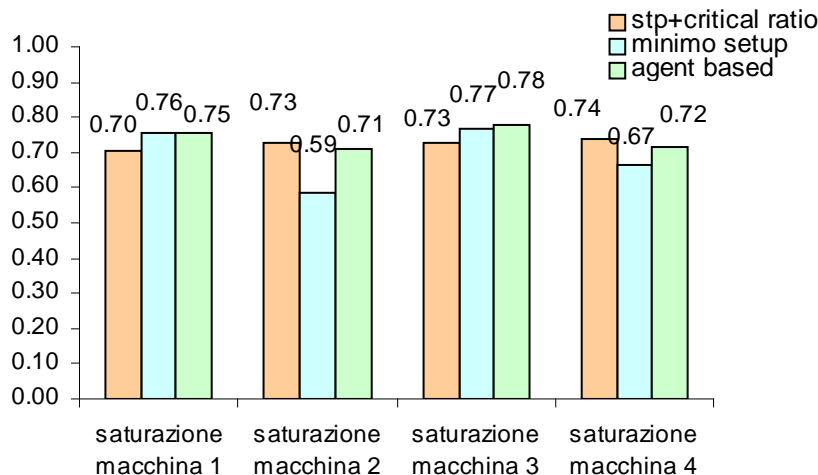


numero medio di job in coda alle varie macchine nei tre modelli

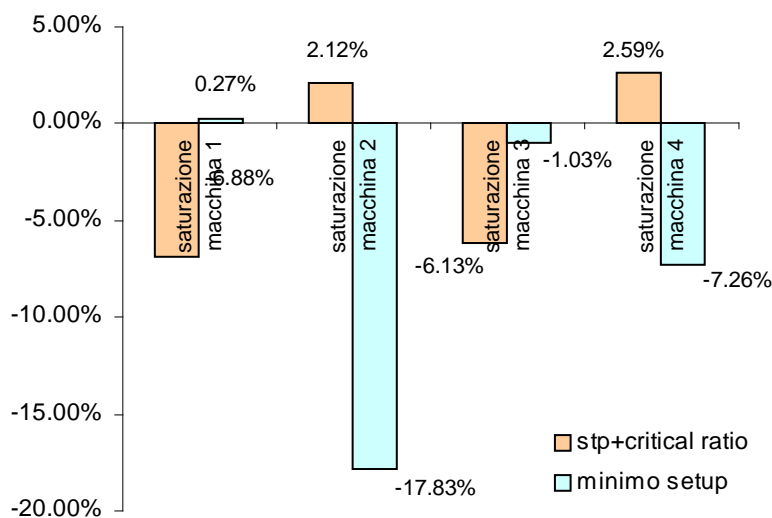


variazioni % del numero medio di job in coda

Un indice di notevole importanza nella valutazione delle prestazioni dei sistemi produttivi è sicuramente la saturazione delle varie macchine, tale indice, dato dal rapporto tra il tempo utile impiegato per eseguire le lavorazioni e quello effettivamente disponibile, riassume sicuramente la maggior parte degli effetti prodotti dalle varie tecniche di ottimizzazione. L'incremento di tale indice rientra sicuramente tra gli obiettivi principali che caratterizzano il miglioramento dell'attività produttiva. A tal proposito si osservino le figure seguenti:



coefficienti di saturazione delle varie macchine riportate dai tre modelli



variazione % dei coefficienti di saturazione rispetto al modello ad agenti

i coefficienti di saturazione delle macchine diminuiscono rispetto al modello ad agenti, i valori medi che esprimono la riduzione complessiva sono rispettivamente -3,45% nel modello *stp + critical ratio* e -5,33% nel modello di *minimo setup*.

medie e deviazioni standard delle saturazioni delle macchine nei tre modelli					
modello ad agenti		stp + critical ratio		Minimo setup	
Saturazione		Saturazione		Saturazione	
macchina 1	0,75	macchina 1	0,70	macchina 1	0,76
macchina 2	0,71	macchina 2	0,73	macchina 2	0,59
macchina 3	0,78	macchina 3	0,73	macchina 3	0,77
macchina 4	0,72	macchina 4	0,74	macchina 4	0,67
μ	0,740	μ	0,724	μ	0,694
σ	0,031	σ	0,015	σ	0,086

I risultati della tabella mostrano i coefficienti medi di saturazione per i tre modelli, nonostante tali valori appaiono vicini tra loro è utile osservare che, a parità di condizioni di simulazione, i modelli stp + critical ratio e minimo setup, realizzano, su 300 job processati, consegne in ritardo rispetto alla duedate. Da ciò si trae la considerazione che o due suddetti modelli, pur esibendo indici di saturazione confrontabili con quello del modello ad agenti, mostrano, in confronto, prestazioni degradate.

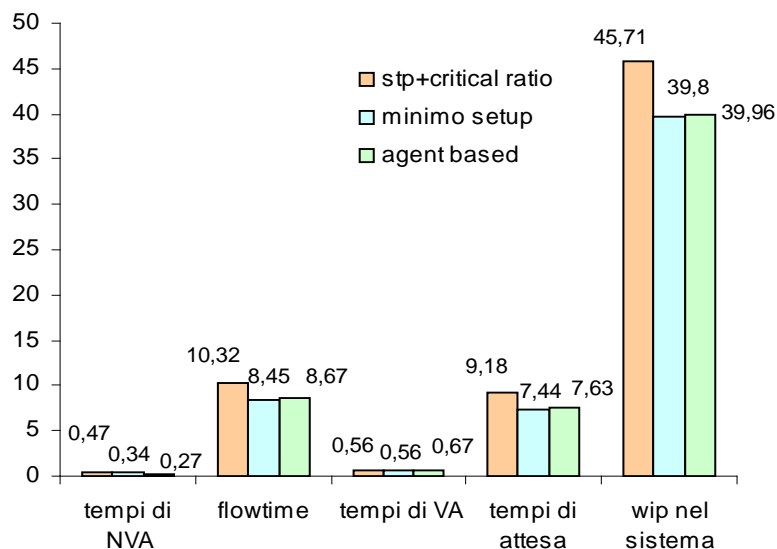
Sperimentazione n.2

I risultati ottenuti nel corso della prima simulazione esibiscono, da parte del sistema agent based, risultati nettamente superiori agli altri due modelli di confronto, tuttavia tale condizione non è da ritenersi generalmente valida, infatti i risultati del comportamento emergente dei sistemi studiati sono fortemente influenzati dal valore delle variabili che determinano le condizioni iniziali del sistema e dalle relazioni che intercorrono tra di esse. In particolare la prima sperimentazione è stata condotta a partire da condizioni iniziali in cui la durata media della generica lavorazione (11.8 min.) supera la durata media della generica operazione di setup (8,4 min.). In questo modo il sistema agent based, essendo orientato alla scelta di offerte globalmente migliori in termini di somma delle componenti:

$$T_{\text{coda}} + T_{\text{setup}} + T_{\text{lavorazione}}$$

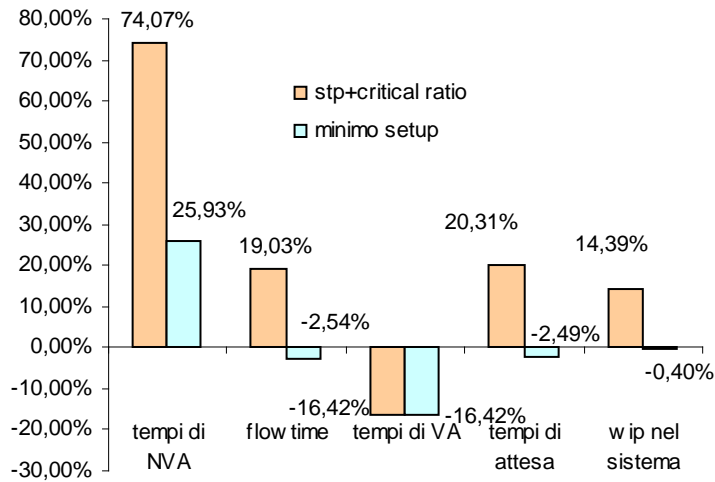
risente, nella scelta delle offerte, del peso della componente dovuta alla lavorazione rispetto a quella dovuta al tempo di setup, viceversa il modello di minimo setup, orientandosi verso strategie decisionali finalizzate alla riduzione dei tempi di attrezzaggio, porta sempre a risultati sub-ottimi rispetto al modello agent based. La seguente sperimentazione mostra i risultati ottenuti aumentando del 100% i tempi di setup, in questo modo è possibile valutare le prestazioni dei tre modelli nella particolare circostanza in cui la durata media della generica operazione di setup (16.8 min.) superi la durata media di una singola lavorazione.

Le figure seguenti mostrano i grafici riportanti i valori relativi alla seconda sperimentazione

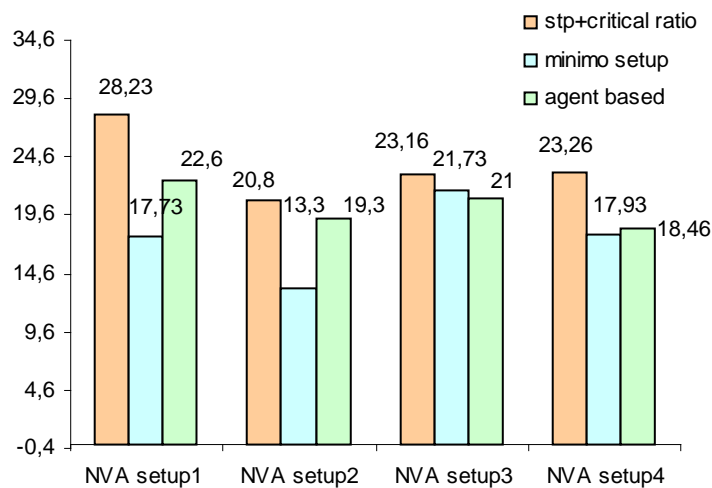


valori medi per entità delle misure di efficienza dei tre modelli

dalla figura si evince che , relativamente ai risultati medi per entità degli indici di efficienza riportati, il modello di minimo setup “raggiunge” e talvolta supera le prestazioni del modello ad agenti.

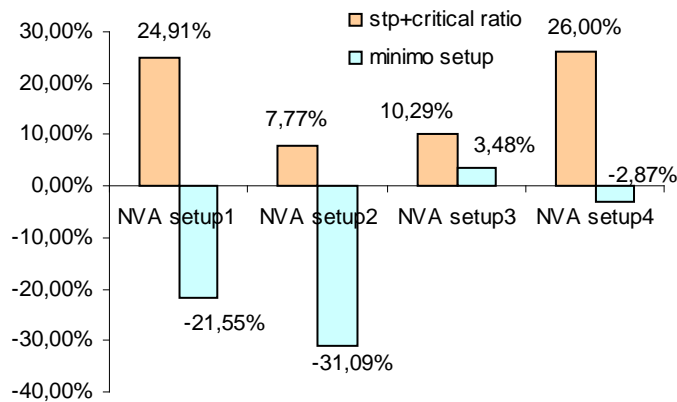


variazioni % delle misure di efficienza per entità

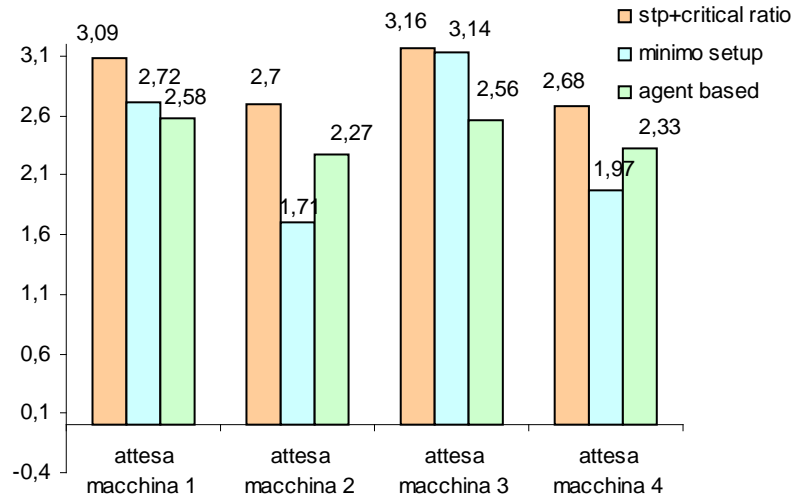


tempi cumulati di setup nei tre modelli

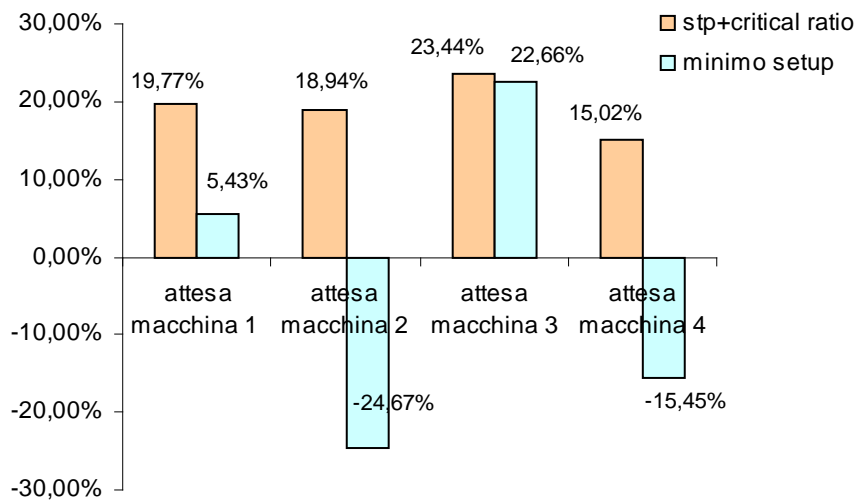
mediando i risultati riportati in figura, risulta una diminuzione dei tempi totali di attrezzaggio nel modello di minimo setup rispetto al modello ad agenti.



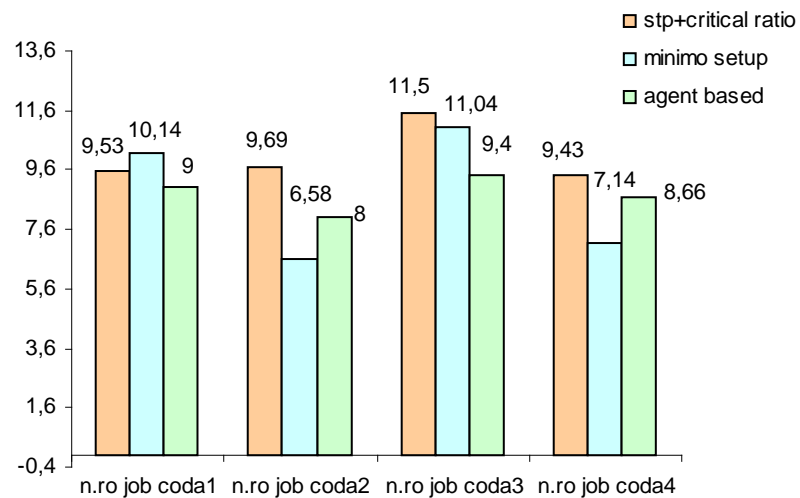
variazioni % dei tempi cumulati di setup rispetto al modello agent based



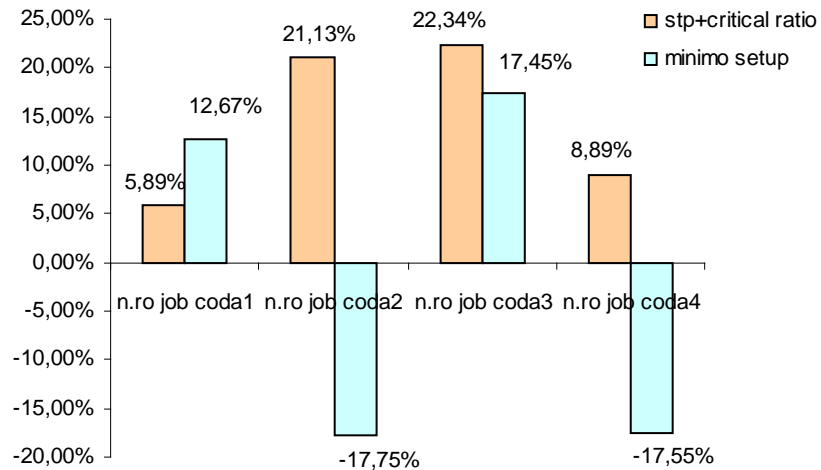
tempi medi di attesa nei tre modelli



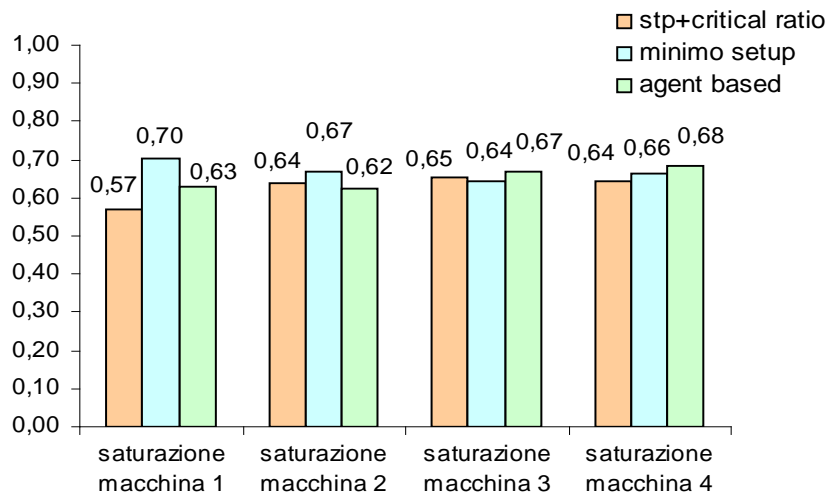
variazioni % dei tempi medi di attesa rispetto al modello agent based



numero medio di job in coda nei tre modelli

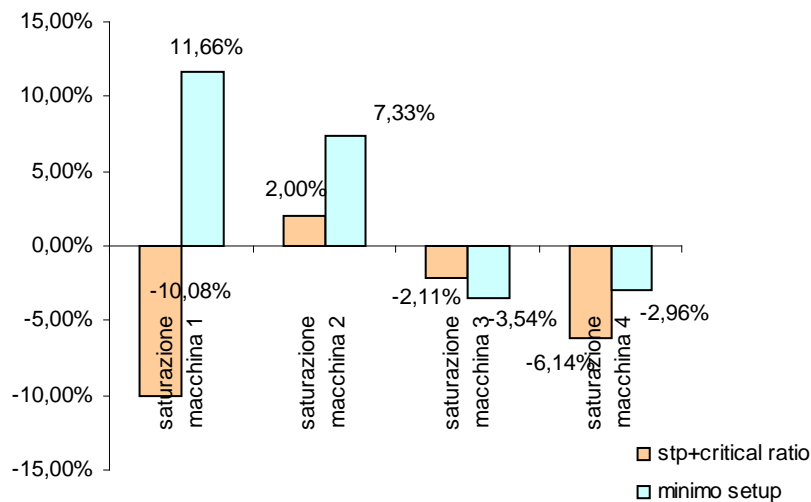


variazione % del numero medio di job in coda rispetto al modello agent based



saturazione delle macchine nei tre modelli

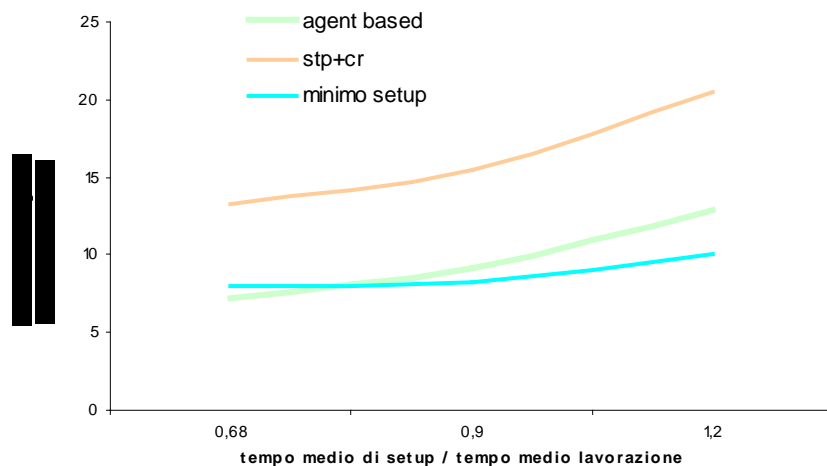
come era facilmente prevedibile, sulla base dei risultati già ottenuti, il modello di minimo setup conduce ad una maggiore saturazione dell'impianto.



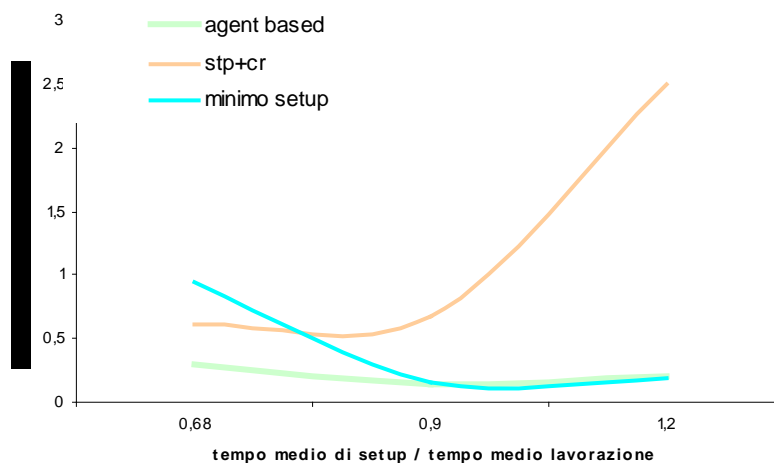
variazione % della saturazione delle macchine rispetto al modello agent based

I risultati ottenuti dalla seconda sperimentazione mostrano che, quando i tempi di setup superano mediamente i tempi di lavorazione, la strategia decisionale più efficace è quella che conduce il sistema multiagente a cercare soluzioni di compromesso che garantiscano, ove possibile, la riduzione dei tempi di setup. Tuttavia tale condizione conduce il sistema ad allocare i job sulle macchine che, garantendo un basso tempo di setup, possono comportare un maggior tempo di attesa in coda e di lavorazione. Occorre tuttavia osservare che il sistema agent based mantiene costanti le sue prestazioni anche quando il carico di lavoro del sistema aumenti. (aumentando, ad esempio, il numero di job, o riducendo il tempo di interarrivo, o riducendo il valore medio della due date). Tale indagine pertanto, mostra che il modello di minimo setup sebbene mostri prestazioni, nell'ambito di tali condizioni operative, confrontabili con quelle del modello agent based, non è robusto rispetto alle condizioni che determinano un aumento complessivo del carico di lavoro del sistema.

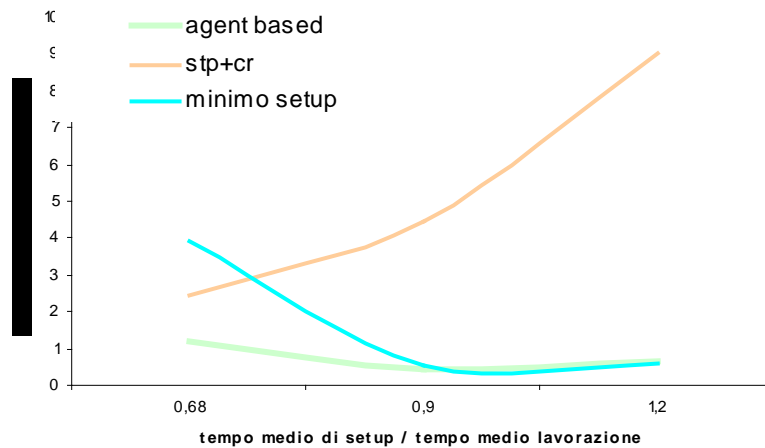
Tutti i risultati riportati nel presente capitolo sono stati ottenuti attraverso simulazioni condotte entro diversi domini di sperimentazione. I grafici delle figure seguenti mostrano una sintesi dei risultati ottenuti dalle varie simulazioni con particolare riferimento ad alcune delle misure di efficienza più significative. In particolare, le figure seguenti, mostrano le prestazioni esibite dai tre modelli nell'evolversi delle condizioni che intercorrono tra le condizioni operative relative alla prima sperimentazione e quelle relative alla seconda sperimentazione. Abbiamo infatti osservato un aumento, rispetto al modello ad agenti, delle prestazioni del modello di minimo setup nella circostanza in cui il tempo medio di setup aumentava rispetto al tempo medio di lavorazione. Riportando sull'asse delle ascisse il rapporto $T_{\text{setup}} / T_{\text{lav}}$, si riportano, in ordinate, i valori medi di alcuni indici di prestazione, per tutti e tre i modelli di simulazione.



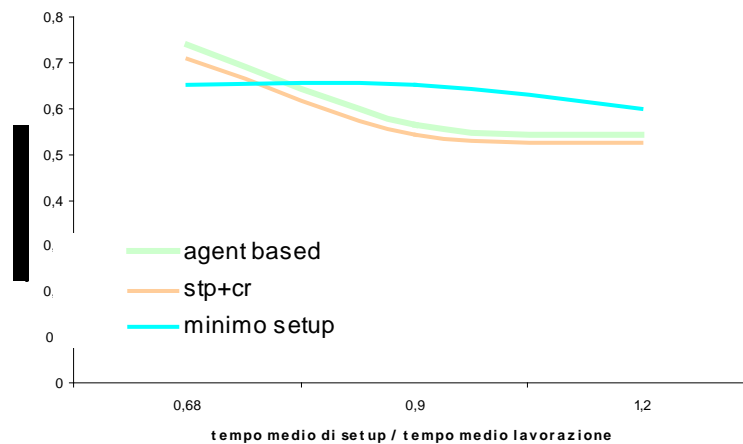
medie dei tempi di setup cumulati al variare del rapporto $T_{\text{setup}} / T_{\text{lav}}$



tempi medi di attesa al variare del rapporto $T_{\text{setup}} / T_{\text{lav}}$



numero medio di job in coda al variare del rapporto $T_{\text{setup}} / T_{\text{lav}}$



saturazione media dei centri di lavoro al variare del rapporto $T_{\text{setup}} / T_{\text{lav}}$

Con il modello di scheduling cooperativo utilizzato si è voluto simulare un apparato produttivo con un tipo di controllo diverso da quelli normalmente utilizzati fino a questo momento; tale modulo si distingue essenzialmente per la sua flessibilità rispetto ai compiti che deve eseguire e per la sua robustezza rispetto alle rotture, alle circostanze impreviste e alle eventuali modifiche che può subire.

L'analisi dei risultati generati dalle simulazioni svolte ha mostrato, rispetto ai sistemi di controllo affini a quelli di tipo centralizzato, non solo un sensibile miglioramento delle misure di efficienza, ma anche e soprattutto i seguenti vantaggi:

- *Miglioramento delle prestazioni* per la presenza di uno scheduling parallelo che elimina i colli di bottiglia che si possono avere con uno centralizzato.
- *Migliore adattabilità* in termini di capacità del sistema di autoregolarsi sulla base di richieste produttive incerte e molto variabili.
- *Sfruttamento complessivo del sistema produttivo* inteso come il naturale bilanciamento di carico delle risorse e la possibilità di sfruttare al meglio la capacità produttiva in funzione della posizione occupata dai job nella scala di priorità.
- *Efficacia*: l'ottimizzazione dello sfruttamento delle risorse di cui al punto precedente non solo tende ad aumentare la saturazione delle risorse, ma mira a soddisfare le esigenze dei clienti rispettando il più possibile i termini di consegna. Inoltre, in presenza di circostanze sfavorevoli ove la capacità produttiva disponibile risulti inferiore a quella richiesta prospettando inevitabili

ritardi, il sistema, per la politica di ingresso nel sistema, riduce sempre al minimo le conseguenze economiche delle penali corrisposte e l'entità dei ritardi.

- *Modularità e stabilità di concetto*, ovvero il sistema è in grado di accettare nuove funzioni senza mostrare alterazioni e gli effetti collaterali derivanti dalla sostituzione delle sue parti gli consentono di continuare a funzionare regolarmente mantenendo costante la sua struttura.
- *Flessibilità di utilizzo*, tale aspetto, che durante le analisi svolte non è emerso in modo lampante, rientra nelle caratteristiche di modularità del sistema e consiste nella possibilità di avvalersi dell'apparato in tutte le sue potenzialità o solo in parte.
- *Manutenzione*: Un altro aspetto significativo dei sistemi distribuiti, in contrapposizione a quelli centralizzati, è la mole di informazioni necessarie al controllo delle risorse produttive le quali non solo vengono ridotte al minimo in termini di quantità, ma non comportano più la necessità di aggiornare il database centralizzato, riducendo così la probabilità di errori o disallineamenti e aumentando l'affidabilità del sistema dal punto di vista informativo.

Occorre sottolineare che il sistema realizzato dispone di ulteriori elementi volti ad aumentare il livello di ottimizzazione perseguito. Ad esempio il singolo controllo che si effettua per individuare quale sia la migliore macchina tra due possibili tenta di minimizzare il tempo di calcolo attivando le routines di controllo incrociate solo se ambedue le macchine danno segno di disponibilità ad accogliere e lavorare il pezzo.

Un'altra caratteristica che va sottolineata è la presenza dell'agente autonomo per la gestione della fila di ingresso; tale elemento di controllo, estremamente significativo ai fini della congruenza funzionale del sistema, riesce ad adattare la domanda all'offerta di lavoro, ossia a dare in ingresso i job che devono sottoporsi in quel momento alle lavorazioni di cui hanno bisogno, la iterazione di tale attività ad ogni negoziazione, e quindi ad ogni fase del ciclo di lavorazione, favorisce i job urgenti e tiene conto anche degli eventuali ritardi accumulati durante lo smistamento delle parti e durante il tempo trascorso in attesa del rilascio delle risorse.

Le considerazioni svolte risultano generalmente positive e contribuiscono a classificare il sistema di controllo distribuito ad agenti come un sistema più pratico in termini di esigenze reali, e con risultati più efficaci per le spiccate caratteristiche di flessibilità e modularità rispetto ai sistemi tradizionali; tuttavia restano da definire importanti aspetti legati agli effettivi casi di convenienza alla reale fattibilità di un sistema di controllo di questo tipo.

Osserviamo che le caratteristiche produttive che esaltano le prestazioni del sistema ad agenti sono le seguenti:

- Grande varietà di tipologie di prodotto
- Forti e repentini cambiamenti della produzione

Pertanto se si possiede una produzione varia e variabile, il numero di lavorazioni e il tipo di lavorazioni da effettuarsi risulteranno differenti tra loro e un sistema di tipo tradizionale, oltre a richiedere una notevole mole di controlli, si rivelerebbe poco reattivo a fronte di circostanze che richiedano di sfruttare al massimo le caratteristiche di flessibilità.

In sistema distribuito inoltre ha la capacità di autoconfigurarsi, caratteristica questa particolarmente appetibile nelle aziende impegnate in una produzione di nicchia fortemente diversificata.

Di fatto la cella automatizzata modellata nei processi simulativi che abbiamo discusso non è mai stata realizzata, parallelamente potremmo dire che una valutazione approfondita in termini di esigenze pratiche di realizzazione ed analisi dei costi rispetto ad una tradizionale cella di produzione di un FMS non rientrerebbe negli obiettivi di questo studio la cui finalità primaria è stata quella di ricercare una validazione concettuale del modello in un ambito per lo più teorico della sfera gestionale. Tuttavia, volendo trarre considerazioni per un'analisi di massima potremmo dire che il sistema ad agenti, per effetto del migliore sfruttamento delle risorse produttive, richiedendo un minore numero di macchine, comporta un minore costo realizzativo con un sistema di movimentazione compatibilmente più compatto e quindi meno costoso.

D'altro canto occorre considerare la presenza, nel modello ad agenti, dei costi aggiuntivi dovuti all'apparato software il quale, dovendo gestire la macchina in ingresso e le quattro macchine della cella e dovendo stabilire una comunicazione diretta con una macchina centrale di controllo, comporta un costo aggiuntivo rispetto ad un sistema tradizionale.

Dal punto di vista dell' hardware necessario, possiamo dire che i costi di installazione del controllore centrale sono confrontabili in entrambi i casi, trattandosi di una macchina che, dovendo scambiare una notevole quantità di informazioni con tutte le altre, richiederà una discreta potenza di calcolo e sarà sicuramente una macchina dedicata.

Al contrario i controllori locali del sistema ad agenti possono essere costituiti da PC con esigue capacità di calcolo interfacciate con i PLC delle risorse produttive e collegati tra loro attraverso una rete locale.

Trascuriamo, per la loro irrilevanza in tutti e due i casi, i costi fisici di connessione tra i vari dispositivi.

Per quanto riguarda i costi di mantenimento riteniamo che questi nel sistema ad agenti da un lato siano sensibilmente maggiori per la presenza delle macchine di calcolo e del software, che va periodicamente controllato, minore dall'altro per l'attesa riduzione del numero di risorse produttive richieste.

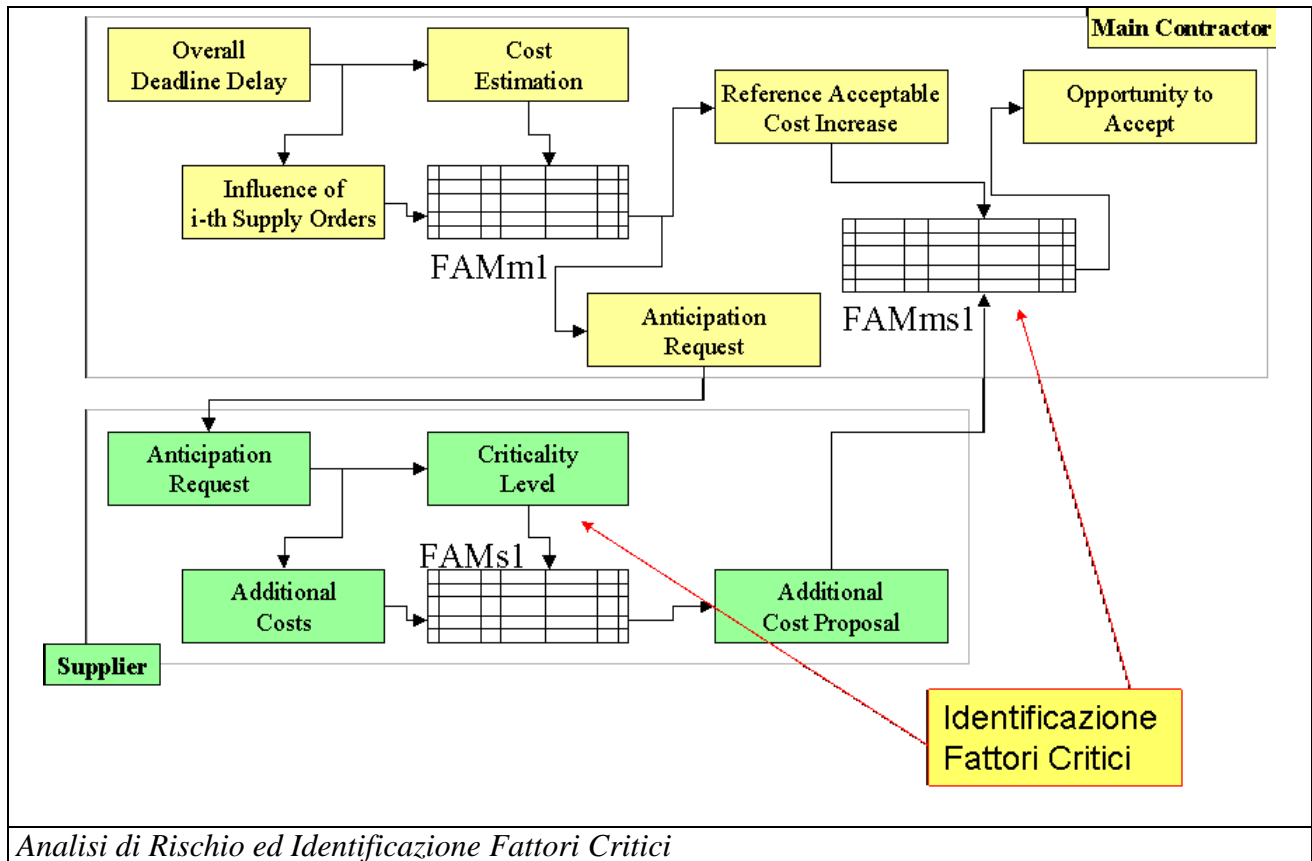
In definitiva la teoria dei sistemi multiagente coordinati mediante protocolli di negoziazione contempla i tipi più comuni di interazione ed i risultati ottenuti dalle simulazioni sono promettenti, tuttavia la teoria formale, benché mostri funzioni di selezione che dipendono sempre dal dominio di applicazione, lascia sempre al progettista la modalità di scelta dell'azione migliore, anche in presenza di sistemi evolutivi (autoactions). Ciò lascia intravedere che i risultati ottenuti possano essere ancora migliorati da una metodologia solida e sistematica con approccio orientato al comportamento che consenta al progettista di capire fino a che punto è possibile disegnare il comportamento globale desiderato sulla base delle regole locali e che specifichi le limitazioni e le condizioni al di sotto delle quali una struttura emergente rimane stabile.

ANALISI DI RISCHIO

DIP, Università di Genova

La possibilità di condurre esperimenti progettati sul modello realizzato ha permesso al gruppo di ricerca del DIP di impostare un'attenta analisi di sensitività in grado di evidenziare i colli di bottiglia e le criticità del sistema. In particolare, attraverso l'utilizzo della tecnica di vagliatura dei fattori è stato possibile identificare, tra gli altri, quelli più critici per il rispetto delle date di consegna e, attraverso le informazioni relative all'andamento dell'errore sperimentale, identificare le bande di confidenza sulle variabili obiettivo.

Attuando un'analisi sulle condizioni di limite (extreme condition) è possibile identificare quali valori dei parametri controllati determinano il crollo delle performance del sistema; utilizzando tale metodologia risulta agevole l'individuazione di "zone di controllo" sul valore dei parametri, tali zone identificano classi di rischio associate ad eventi critici. Sarà facile al gestore, collocando il parametro (es. consegna in ritardo di un componente) nella sua "zona di rischio" (es. Fino a 3 gg Zona Verde – Basso Rischio, Da 4 a 7 gg Zona Gialla - Rischio Moderato, oltre 8 gg Zona Rossa – Rischio Elevato) determinare il comportamento futuro del sistema controllato (es. Livello di Probabilità di Rispetto Due-Date). Questo processo potrà essere successivamente implementato all'interno di un modulo di ausilio alle decisioni basato su logica Fuzzy in grado di supportare più efficacemente il decisore. La fuzzy Logic, infatti, consente di poter esprimere in un linguaggio naturale (fuzzyfication) le decisioni tipiche del manager umano (Fuzzy Matrix) consentendo, al contempo di fornire stime quantitative dei parametri in gioco (defuzzyfication).



DE, Università de L'Aquila

L'attività di ricerca svolta non ha comportato esplicitamente lo sviluppo di strumenti dedicati all'analisi del rischio inteso come probabilità di portare a termine un piano di produzione prestabilito entro un dato intervallo temporale. Tuttavia al livello di singolo subcontractor i modelli di simulazione sviluppati prevedono il calcolo di una ampia gamma di misure di prestazione tra cui quelle più direttamente legate alla valutazione del rispetto dei tempi di consegna delle commesse: lateness, tardiness e makespan. Mediante analisi statistica dei dati di output delle simulazioni, utilizzando le tradizionali tecniche disponibili in letteratura, si può comunque valutare il rischio associato al rispetto dei tempi di consegna. In particolare è possibile monitorare la percentuale di ordini evasi entro la data concordata, essendo questa una misura del livello del servizio al cliente, che il main contractor può utilizzare, insieme all'informazione sul tardiness atteso, per valutare il rischio relativo all'intera supply chain.

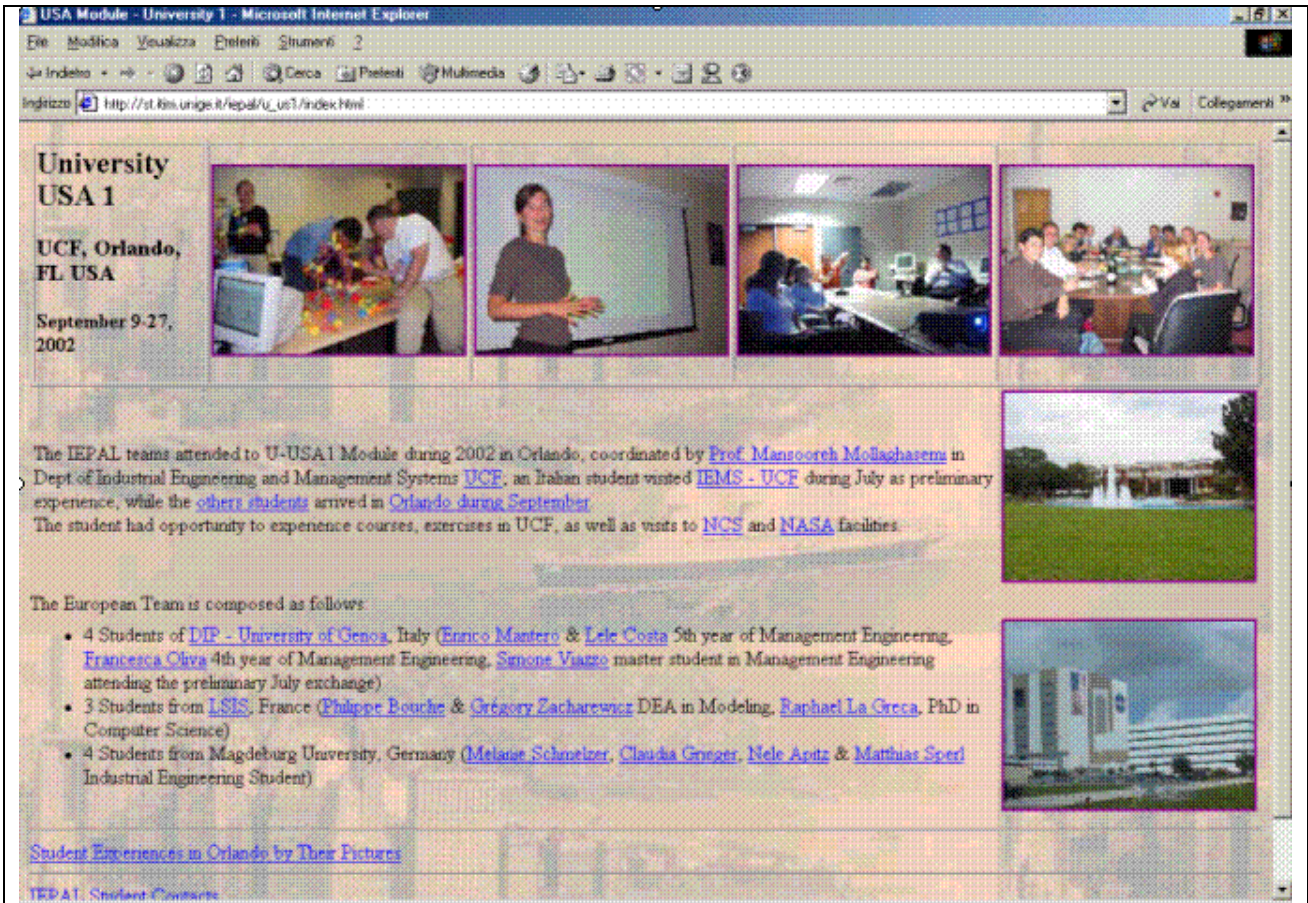
COINVOLGIMENTO UTENTI FINALI

DIP, Università di Genova

Come già evidenziato precedentemente, la Piaggio Aereo Industries SpA sede del caso applicativo è stata ampiamente coinvolta nella fase progettuale e nella fase di testing, in particolare durante la validazione del modello e la successiva fase di presentazione, la direzione dell'azienda ha potuto verificare la correttezza del modello ed analizzarne le potenzialità. Grazie al supporto offerto dalla Piaggio Aeroindustries in fase preliminare, le varie sedi universitarie hanno potuto coinvolgere alcuni subfornitori della Supply Chain che hanno attivamente partecipato alla fase di modellazione dei loro processi produttivi.

Per aumentare la fruibilità dell'approccio proposto il DIP dell'Università di Genova si è fatto promotore di un'iniziativa di formazione logistica congiunta tra i centri di eccellenza del Nord America (Stevens Institute, University of Central Florida, Boston College, NASA, ecc.) e quelli europei (DIP Università di Genova, Magdeburg University, Università de Marseille Aix III, CFLI,

Messina Terminal, VTE, Piaggio Aero Industries, ecc.) denominato IEPAL (Intensive Educational Program in Advanced Logistics) che ha visto una numerosa partecipazione di studenti dei due continenti. L'esperienza proposta ai giovani allievi ingegneri industriali e gestionali ha permesso di consolidare le esperienze maturate dal gruppo di ricerca formalizzandole e contribuendo alla loro disseminazione. Il progetto IEPAL costituisce da solo un esempio importante di trait-d'union tra il mondo accademico e quello dell'industria riuscendo a fornire a studenti di differenti culture ed esperienze un solido bagaglio di competenze nel settore del Supply Chain Management.



L'Esperienza IEPAL come Disseminazione di WILD



DE, Università de L'Aquila

Lo sviluppo delle attività di ricerca presso l'Università di L'Aquila ha visto il coinvolgimento di potenziali utenti finali relativamente alla fase di sviluppo del modello di simulazione della azienda OMA S.p.A.. Sono stati tenuti contatti continui dapprima con il management e successivamente con i tecnici della gestione della produzione e dei sistemi informativi aziendali con la finalità di spiegare

in primis le finalità e le potenzialità della ricerca. Ottenuta la disponibilità alla collaborazione fattiva da parte dell'azienda la collaborazione è stata poi finalizzata alla comprensione delle modalità gestionali interne affinché si potesse pervenire ad uno schema logico delle attività di produzione da simulare. Infine la collaborazione con i responsabili del centro elaborazione dati ha permesso di predisporre il simulatore per l'interscambio dei dati con il sistema informativo aziendale di gestione della produzione che attualmente si avvale di un sistema MRP e di uno schedatore a capacità infinita. Gli sviluppi della ricerca sono stati comunicati tempestivamente al partner industriale che ha sempre dimostrato vivo interesse. Lo sviluppo del modello di simulazione del sistema di trasporto invece è stata condotta in-house presso il Dipartimento di Energetica dell'Università di L'Aquila poiché non esiste nel partenariato industriale del progetto alcuna azienda di logistica con cui interfacciarsi. I modelli di trasporto sviluppati sono comunque concettualmente integrabili con i modelli di simulazione della produzione realizzati dai vari partner universitari consentendo ai corrispondenti partner industriali la eventuale simulazione di attività di trasporto che venissero svolte utilizzando una flotta interna di veicoli anziché facendo ricorso all'outsourcing.

DIG, Politecnico di Milano

Il singolo modello Plyform è stato presentato ai responsabili della suddetta azienda, con i quali si è discussa la stesura dell'interfaccia di comunicazione ed i possibili reali impieghi. Una dimostrazione della federazione base, inglobante il federato Plyform attuale è stata altresì eseguita. Da tali incontri è sorta nell'azienda soprattutto l'intenzione di adoperare il modello in modalità *stand alone*, dato il buon livello di dettaglio con cui è stato progettato. Sarà compito dell'azienda rivedere i dati forniti e settare le percentuali delle variabili stocastiche (tipologie dei prodotti, numerosità dei codici). I valori presenti nell'attuale modello di simulazione sono stati infatti ricavati in seguito ad una campagna di raccolta dati eseguita dal Dipartimento di Ingegneria Gestionale del Politecnico di Milano su un campione di informazioni direttamente fornite dall'azienda di orizzonte pari a due mesi di produzione.

L'azienda Plyform, per l'esecuzione del modello di simulazione, dovrà altresì dotarsi del software di simulazione con cui è stato sviluppato il modello (eM-Plant di Tecnomatix). La collaborazione tra l'università e l'impresa è stata eseguita sotto il solo ombrello della ricerca, senza alcuna altra collaborazione diretta.

FEDERAZIONE DI SIMULATORI – SCHEDULATORI

DIP, Università di Genova

Di recente, si è assistito ad un radicale cambiamento nel modo di risolvere problemi di pianificazione tattica, quindi tipicamente di medio termine, dai quali ottenere delle informazioni utili, in termini di validazione delle date di consegna della domanda, funzionalmente alla capacità delle risorse produttive, risorse terzisti e conto lavoristi, così da generare un piano principale della produzione robusto sotto il profilo della stocasticità intrinseca dei processi produttivi ed ancor di più dei flussi logistici legati all'introduzione massiccia di politiche di outsourcing.

Nel passato tale problema era stato risolto dalle aziende, attraverso una continua ricerca di sistemi e funzioni di gestione logistica in grado di presidiare nel miglior modo le seguenti operazioni: revisione delle richieste di acquisto, solleciti e valutazione delle proposte di fornitura, analisi dei fornitori correnti e potenziali, negoziazione, esecuzione, sviluppo di piani revisionale e strategie di approvvigionamento correlate, supervisione e/o monitoraggi del flusso di materiali ed infine sviluppo di relazioni di lavoro profittevoli con i fornitori appartenenti all'intera catena produttiva.

Le usuali metodologie di backward loading, derivate dai collaudati sistemi di pianificazione di tipo tradizionale, erano sì in grado di produrre un piano principale della produzione che tenesse in conto vincoli primari ed ausiliari, generalmente considerati per le sole risorse interne, ma tipicamente in regime di certezza.

Con l'avvento dell'outsourcing e della forte variabilità dei mercati, identificabile almeno in parte con il regime competitivo instauratosi, il piano principale della produzione, di ogni unità produttiva appartenente al ciclo logistico e produttivo, diviene rapidamente inadeguato di fronte a variazioni anche significative dei tempi (di approvvigionamento e/o di produzione), ed i sistemi di pianificazione centralizzati tradizionalmente utilizzati risultano inefficaci in termini di velocità di risposta a variazioni anche considerevoli del sopraccitato piano.

L'approccio proposto, utilizzando un sistema di pianificatori e simulatori interagenti ed interconnessi, si propone come un'alternativa nel panorama degli strumenti di gestione della catena di fornitura attualmente disponibili. Non si tratta di uno studio focalizzato al miglioramento od alla creazione di algoritmi di pianificazione ma di un'innovazione in termini di utilizzo di strumenti consolidati ed esistenti; non si intende, quindi, sostituire le esistenti metodologie di gestione quali ad esempio le pratiche di approvvigionamento o di expediting ma di fornire un framework di alto livello nel quale sia possibile pianificare a ritroso e sull'intera catena di fornitura la produzione, i piani principali di produzione di ogni singolo attore coinvolto nel processo e di validarli, livello per livello, attraverso simulazioni stocastiche del piano proposto, al fine di calcolare i tempi di anticipo e/o eventuali scorte di sicurezza per gli approvvigionamenti stessi.

DE, Università de L'Aquila

Il programma di ricerca ha avuto per obiettivo lo sviluppo e l'integrazione di simulatori e schedulatori per lo studio dei criteri gestionali e di pianificazione della produzione di sistemi manifatturieri complessi composti da più soggetti interagenti facenti parte di una supply chain articolata. Alle singole unità operative è stato demandato il compito di sviluppare sistemi di simulazione e schedulazione autonomi facendo riferimento a specifiche realtà aziendali rappresentative della supply chain Piaggio Aero Industries. L'Università di L'Aquila ha sviluppato modelli di simulazione HLA compliant sia per i sistemi di trasporto (federati carrier) che per unità produttive facendo riferimento in particolare alla OMA S.p.A. Per quanto riguarda il simulatore del trasportatore non è stato necessario sviluppare a parte un sistema di schedulazione, essendo questo già integrato nel modello di simulazione. Lo scheduling delle risorse di trasporto infatti viene operato mediante un set di regole euristiche, tese all'ottimizzazione di opportune misure di prestazione definite dall'utente, che di fatto costituiscono un sistema di scheduling embedded. In fase di aggregazione degli ordini di trasporto e di assegnazione alle singole risorse viene effettuata una prima fase di scheduling successivamente affinata in sede di routing di dettaglio dei veicoli, fornendo, mediante regole euristiche, il simulatore di una logica decisionale autonoma.

Il simulatore del sistema produttivo OMA invece non dispone al suo interno di sistemi di scheduling autonomo se si escludono i semplici criteri di priorità utilizzati per disciplinare le priorità delle code in corrispondenza delle risorse. Tale scelta è stata giustificata da due fattori: in primo luogo l'aver parallelamente sviluppato un sofisticato sistema di scheduling stand alone per sistemi produttivi job-shop di impiego generico e quindi facilmente integrabile con il simulatore in oggetto, ed in secondo luogo l'aver sviluppato il simulatore OMA prevedendo il diretto interfacciamento con lo schedulatore aziendale anziché con il piano di produzione a causa della complessità delle distinte base di tale azienda che rendevano non fattibile l'elaborazione del piano di produzione mediante logiche di tipo MRP all'interno del simulatore.

Lo schedulatore esistente in azienda infatti gestisce direttamente i singoli Ordini Di Lavoro (ODL) e restituisce per ogni ODL il ciclo tecnologico, la specifica distinta base, l'impegno dei singoli centri di lavoro e le date di inizio e fine delle singole fasi. Tali informazioni vengono lette dal simulatore, tramite lettura di file esterno proveniente da database Informix in modalità ODBC, che quindi acquisisce il piano di produzione dettagliato ed elaborato a capacità infinita sulla base del quale esegue la simulazione inserendo i nuovi ordini provenienti dal cliente Piaggio. Il simulatore assume la data inizio della prima operazione schedulata per ogni ODL quale data in cui si inizia a simulare la lavorazione dell'ODL, la data prevista di inizio assemblaggio quella in cui si verifica la presenza

a magazzino dei componenti, e le date previste di fine delle singole operazioni per definire la priorità dei job in coda alle singole stazioni in funzione dalla data attuale.

Il simulatore OMA dunque risulta direttamente interfacciabile con il sistema di schedulazione aziendale.

Nel caso si voglia invece ricorrere ad una schedulazione a capacità finita ed alla possibilità di schedulare anche gli ordini provenienti dalla federazione anziché sovrapporli a quelli provenienti dall'esplosione del piano di produzione originale, è possibile utilizzare lo schedulatore precedentemente sviluppato da questa unità di ricerca nell'ambito del precedente programma di ricerca "Gestione integrata di sistemi produttivi interagenti: metodi quantitativi avanzati per la quick response". Tale schedulatore è di tipo euristico e caratterizzato dalla capacità di operare a più livelli di aggregazione dei job utilizzando per ciascuna risorsa regole di carico complesse e dipendenti da parametri basate sulla ottimizzazione di una funzione obiettivo rappresentata da un polinomio i cui termini sono costituiti dal valore di una variabile calcolata su diverse caratteristiche dei sottoinsiemi di job (numero di job, tempo totale di lavorazione, tempo di setup per la famiglia, numero di job con data di consegna critica, ecc.). E' stato sviluppato inoltre un "sistema esperto" capace di ottimizzare le prestazioni dello schedulatore al variare dello scenario produttivo in cui si trova ad operare, che utilizza da un lato algoritmi genetici per ottimizzare il valore dei parametri utilizzati dallo schedulatore in una serie di scenari di riferimento rappresentativi, costruendo un apposito database, e dall'altro reti neurali per correlare autonomamente allo specifico scenario di produzione analizzato gli opportuni parametri dello schedulatore sulla base delle migliori corrispondenze tra parametri e scenari di riferimento determinate in sede di ottimizzazione preliminare del sistema.

Al fine di generare i dati necessari al confronto delle prestazioni di differenti valori dei parametri nonché per l'addestramento della rete neurale è opportuno impiegare il modello di simulazione del sistema produttivo dell'azienda in questione. Il software comunque permette l'interfacciamento con dati aziendali realistici qualora fossero disponibili come nel caso in esame.

Sono pertanto state definite le procedure necessarie per l'integrazione dello schedulatore general purpose con i dati aziendali e con il simulatore di produzione, individuando le modalità di acquisizione dei dati relativi ai jobs da schedulare, il richiesto formato di output dello schedulatore, nonché la forma della funzione di fitness ed i parametri da utilizzare nelle regole di loading.

DE "Sergio Stecco" – Sezione Impianti e Tecnologie, Università di Firenze

In questo caso, lo studio ha avuto come obiettivo quello di definire delle specifiche e degli standard per la creazione di un ambiente interattivo per schedulare e simulare via web impianti manifatturieri. In particolare si è cercato di individuare, se non la soluzione migliore, una soluzione valida sia in termini di robustezza che di efficienza. Nel caso in esame è stato sviluppato il concetto di Remote Factory, ovvero di uno strumento che fornisca la possibilità di effettuare un processo di schedulazione e di controllo remoto di un sistema manifatturiero mediante l'utilizzo di tecnologie WEB. Questo concetto è stato dettagliato, con una ricerca esaustiva sui possibili strumenti della Remote Factory e sui vantaggi dell'utilizzo degli uni piuttosto che degli altri. Sono stati definiti degli standard per la comunicazione fra sistemi partecipanti ad una simulazione distribuita, in particolare modo differenziando le comunicazioni riguardanti oggetti persistenti, come i centri di lavorazione, e quelle riguardanti ordini di produzione. Mentre le prime infatti sono informazioni che hanno significato solo se associate ad un istante particolare della simulazione (il cambiamento dello stato di una macchina ha significato solo se associato all'istante in cui questo evento si verifica), le seconde non sono strettamente legate all'istante in cui vengono comunicate. Un ordine di produzione perde di significato solo se viene comunicato in ritardo rispetto alle operazioni schedulate e comunque anche se questo avviene è sempre possibile eseguirlo, con un certo ritardo rispetto alle due date delle lavorazioni. E' stata definita una architettura per il trasferimento delle informazioni che risolve il problema della sincronizzazione delle informazioni che si era presentato nella precedente ricerca. L'uso di RTI, infatti, assieme alla scelta del NextEventRequest come

meccanismo di avanzamento del tempo, assicura che tutti i modelli di simulazione partecipanti al sistema (sistema fisico e sistema di controllo) siano sempre sincronizzati e che non possa accedere che uno dei due avanzi nel tempo senza aver ricevuto le informazioni necessarie per avanzare. L'uso contemporaneo delle interaction di HLA e di XML come meccanismo di scambio delle job list dal sistema di controllo al sistema fisico assicura inoltre che non si verificano inversioni riguardo alla sequenza con cui le informazioni giungono a destinazione. In particolare l'uso di XML permette di rappresentare le informazioni sulle lavorazioni proprio come si trovano su una job list reale, con conseguentemente facilità di controllo in fase di analisi dei modelli. Infine la modularità con cui è stata costruita l'architettura e l'uso della programmazione ad oggetti nello sviluppo di ogni elemento del sistema ha permesso la separazione della gestione delle informazioni in più livelli. Questo sforzo ha prodotto un duplice vantaggio. In primo luogo ha reso possibile lo sviluppo dei due modelli e dei componenti a supporto della simulazione in maniera quasi indipendente. In secondo ha permesso la definizione di una architettura che, anche se è stata testata con un semplice modello fisico ed un sistema di controllo, può essere facilmente allargata a più modelli di simulazione, con un aumento della complessità solo nella gestione delle informazioni, ma non nell'uso delle tecnologie riguardanti le modalità con cui sono inviate.

La validazione del modello è avvenuta eseguendo più simulazioni ma non in diverse configurazioni. Non è stato testato infatti né in diverse tipologie di reti (LAN, WAN, Internet), ma solo in rete locale, né con diversi piani di produzione. Sebbene questi aspetti, in particolare modo la prima limitazione, per le tecnologie impiegate non dovrebbero sminuire la validità del modello, una campagna di sperimentazione appropriata sarebbe necessaria per avere una validazione completa del modello. Ulteriori considerazioni sul funzionamento del testbed potrebbero emergere testando l'applicazione in Internet. Questo tipo di analisi non è stata effettuata in questa ricerca in quanto non si sarebbero potute trarre delle conclusioni significative dal punto di vista della validità della definizione dell'architettura, ma sarebbe utile per valutare il degradamento delle prestazioni, dato anche l'elevato numero di informazioni scambiate che sono necessarie per il corretto funzionamento del sistema. Infine la mancata introduzione di elementi stocastici nei due modelli non ha permesso uno studio statistico delle prestazioni dei due sistemi ed una validazione delle performance di questo strumento di programmazione della produzione.

DIG, Politecnico di Milano

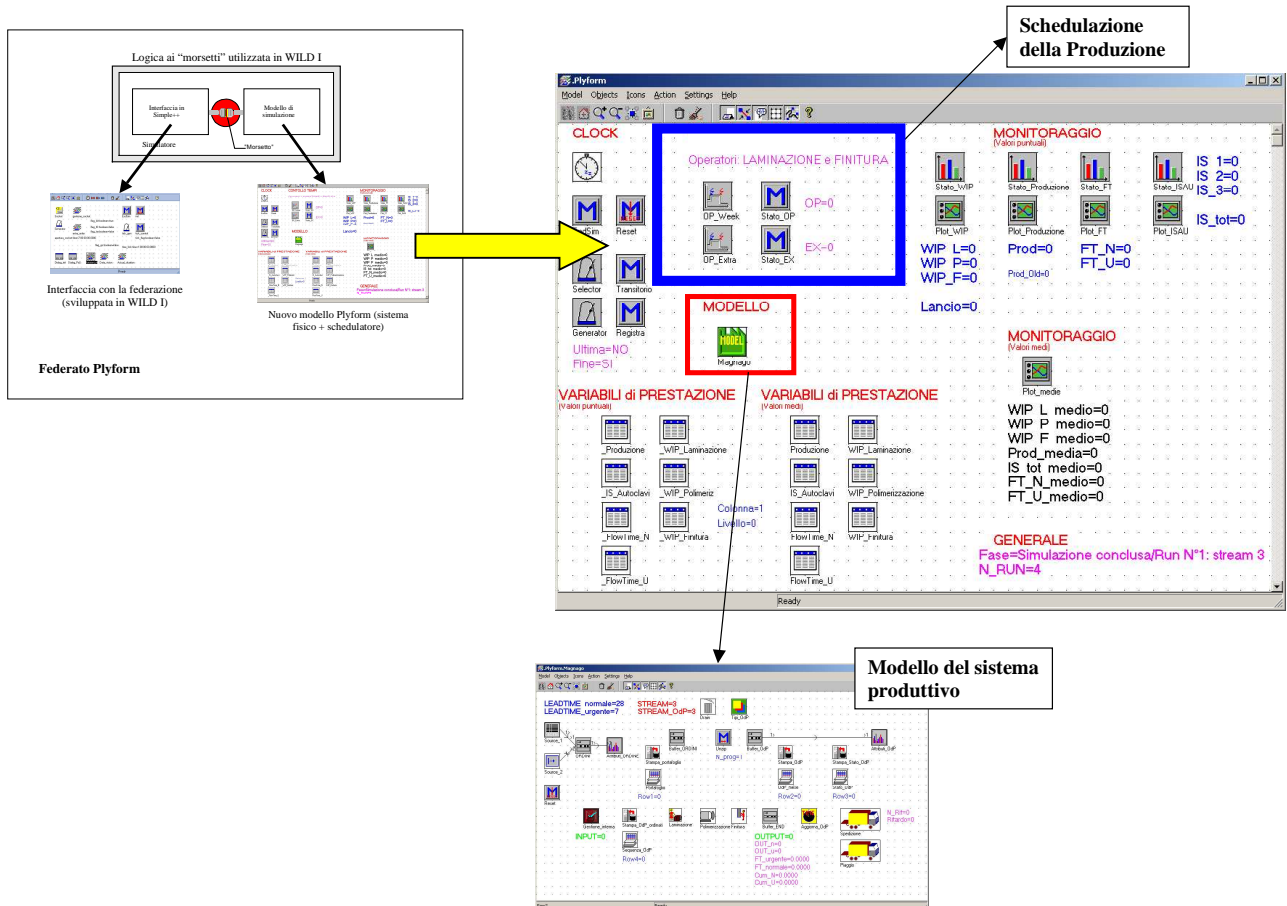
Simulatore e schedatore implementati nel modello Plyform

Il federato Plyform è stato integrato all'interno della federazione HLA sviluppata per la filiera di Piaggio AeroIndustries, come precedentemente illustrato. Il federato Plyform, sviluppato con il simulatore OO Simple++ (già eM-Plant) di Tecnomatix, presenta al proprio interno sia la modellazione del sistema produttivo che la logica di gestione (schedatore). I due ambiti sono separati in termini concettuali, come illustrato in figura seguente.

Il modello Plyform è stato pensato per un medio utente industriale. Per questo motivo i sottocomponenti del sistema produttivo e dello schedatore sono inseriti in un *layer* grafico insieme agli elementi di monitoraggio. In questo modo, l'utente può direttamente seguire il corso della simulazione (locale o distribuita) e visualizzare passo passo l'andamento delle prestazioni, in una sorta di cruscotto integrato.

La schedulazione può essere eseguita nel rispetto della prassi presente in azienda, anche se è rivista alla luce di una gestione di più largo respiro. Come precedentemente dichiarato, gli ordini provenienti da Piaggio sono impostati secondo un grado di urgenza prestabilito dalla contrattazione Piaggio-Plyform. All'interno del modello Plyform è infatti possibile stabilire quale grado di urgenza assegnare effettivamente agli ordini ricevuti. Sperimentando una gestione diversa dei gradi di urgenza, l'utente industriale può pertanto verificare, a parità di modalità di schedulazione, i diversi risultati.

È stata altresì sviluppata una logica di schedulazione alternativa, basata sulla logica affine al controllo di carico della produzione. Tale logica è stata testata in locale, grazie al fatto che il simulatore Plyform è di per se funzionante in modalità stand alone. Tale sperimentazione ha migliorato la schedulazione anche se in maniera non così significativa da giustificare una sua sperimentazione nell'ambito dell'intera federazione.



Modello Plyform: ambiente integrato simulatore-schedulatore-monitor

Sperimentazione di simulatore e schedulatore separati in ambiente distribuito

A riguardo di tale contesto (federazione simulatore-schedulatore), si segnala un altro lavoro condotto in questi due anni di progetto, mirato alla separazione dei due ambienti (simulatore e schedulatore) attraverso l'ausilio della simulazione distribuita.

Un sistema produttivo (un'azienda) può essere considerato come l'insieme di due elementi distinti: il sistema fisico (le risorse) ed il sistema di controllo e schedulazione della produzione che agisce sul sistema fisico. Tra i due sistemi esiste un rapporto intrinseco, che rende i due sistemi reciprocamente sfumati l'uno dentro l'altro. La difficoltà di poter separare nettamente i due ambienti ha comportato l'adozione dell'approccio nel modello Plyform sopra illustrato, in cui i due sistemi sono si separati in due layer distinti, ma sono residenti all'interno dello stesso modello.

La versione estrema dell'approccio dicotomico "sistema fisico + sistema di gestione" prevede invece la presenza di due ambienti veramente separati, comunicanti soltanto tramite un'interfaccia.

All'interno del progetto WILD, il Politecnico di Milano ha deciso di implementare il modello Plyform come sopra esposto al fine di non venir meno al soddisfacimento degli obiettivi della ricerca complessiva, ma ha anche voluto portare avanti delle sperimentazioni dell'approccio estremo, cercando di progettare ed implementare dei sistemi separati, comunicanti nell'ambito di una federazione distribuita. Tale lavoro è stato condotto sfruttando le tecnologie e le metodologie sviluppate all'interno del progetto WILD (HLA in primis), attraverso la stretta collaborazione con la sede dell'Università di Firenze, anch'essa coinvolta in WILD.

Gli studi ivi condotti hanno portato peraltro alla creazione di una nuova linea di ricerca che sta iniziando a concretizzarsi or ora con la presentazione di nuove proposte di progetto, sia a livello nazionale che internazionale. Tale nuova area di studio nel gruppo di progetto WILD è nota come “Remote Factory”, termine che pertanto compare in alcuni capitoli scritti da altre sedi.

Maggiori dettagli di tale sperimentazione sono riportati nel paragrafo “Prototipo software delle tecniche basate su agenti”, dato che lo schedatore implementato in ambiente distribuito è stato progettato in accordo ad alcuni modelli di sistemi multi-agenti.

INTRODUZIONE DIAGRAMMI DI PRECEDENZA

DIP, Università di Genova

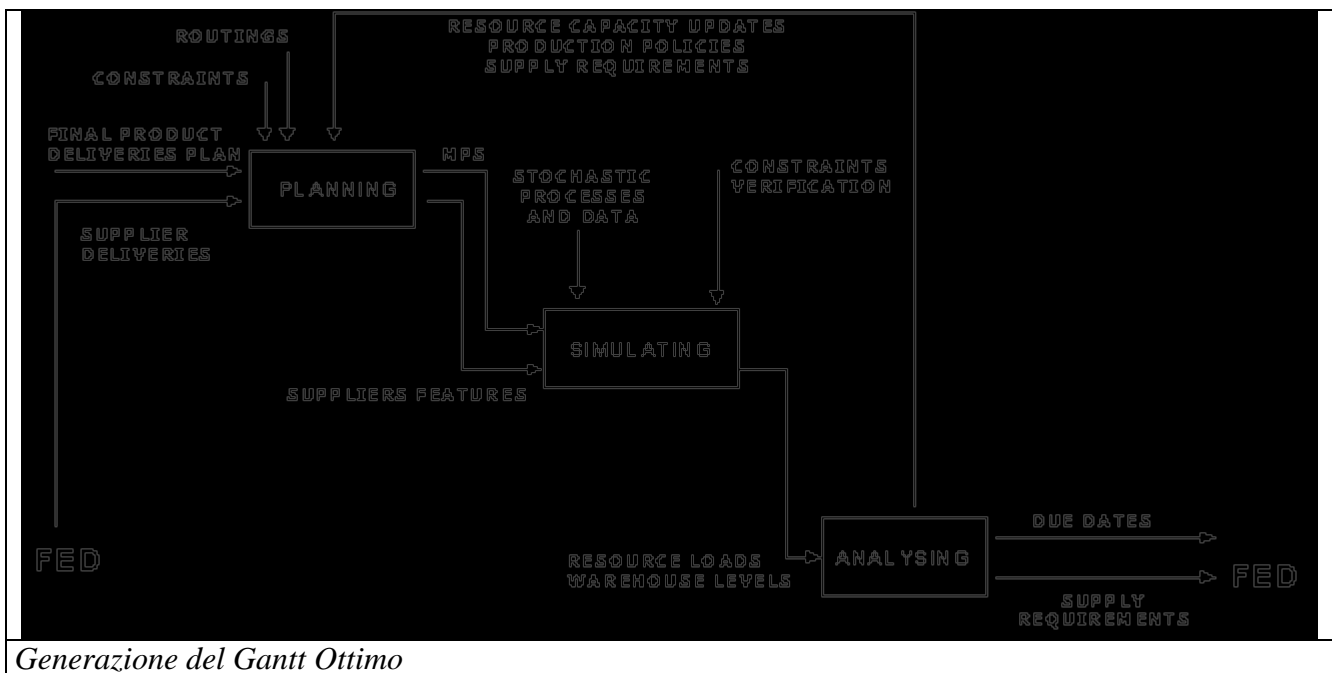
Tradizionalmente il primo passo consisterebbe nel costruire il diagramma delle fasi per ciò che concerne il livello del prodotto finito nello stabilimento del livello corrente generando localmente una backward allocation delle fasi alle risorse produttive, nel rispetto dei vincoli imposti (in questa fase è possibile usare un qualsiasi strumento di pianificazione in grado di operare a capacità finita), scendendo lungo la distinta di pianificazione ed analizzando tutti i livelli sottostanti. I tempi dei fornitori vengono considerati come deterministici e tipicamente un primo valore di tentativo può essere rappresentato dal valore medio del tempo di approvvigionamento calcolato a partire da una base storica di dati oppure, qualora il fornitore sia nuovo, utilizzando quello proposto a livello contrattuale. Purtroppo questo semplice approccio, basato su di una logica del tipo al più tardi, in grado di creare ordini di lavoro e di approvvigionamento (in base al piano delle presunte consegne), rimane un calcolo meramente statico non in grado di modellizzare la situazione reale nella quale qualità, quantità e istanti di consegna, spesso associati ad una lunga catena di fornitura, sono conosciuti solo in ragione di distribuzioni di probabilità e nella quale anche le consegne del prodotto finito subiscono rallentamenti ed accelerazioni imposte dal mercato. Risulta evidente lo scarso adattamento e la scarsa efficacia di un tale sistema di gestione sia nella fase di pianificazione che nella fase di controllo della produzione. Un ritardo che si verifichi ad un livello qualsiasi della catena di fornitura si ripercuote, in una produzione programmata al più tardi, su di un ritardo, non quantificabile e generalmente superiore, del prodotto finito. A seguito di queste evidenti limitazioni, il sistema di gestione proposto fornisce ai suoi utilizzatori una supervisione delle informazioni correnti del sistema, del carico di ogni unità produttiva (relativamente a ciò che concerne la produzione oggetto di pianificazione e validazione), e delle previsioni sul piano delle consegne e dell’impatto di queste sul piano principale della produzione del contraente principale. Il piano di produzione, in termini delle sue richieste di fornitura, viene passato ai livelli sottostanti della catena di fornitura e per ogni livello, dei simulatori di produzione, interconnessi e sincronizzati attraverso il framework, forniscono risposte, statisticamente attendibili, relativamente alla convalida delle date di consegna. Tali informazioni vengono utilizzate, ad ogni livello, per ricostruire il diagramma tempo/relazioni degli eventi futuri, eventi che vengono confrontarli con il piano di riferimento ed eventualmente tenuti in considerazione anticipando le date o le politiche di approvvigionamento. Al raggiungimento del livello zero, quello del contraente principale, il piano di riferimento viene simulato utilizzando l’insieme delle informazioni ottenute dai livelli sottostanti (eventualmente tratte grazie al meccanismo della negoziazione).

GENERAZIONE GANTT OTTIMO

DIP, Università di Genova

Da punto di vista procedurale, per la determinazione del Gantt “ottimo” (in senso ingegneristico industriale) si procede con una pianificazione a capacità finita e del tipo al più tardi su tutti i livelli della distinta di pianificazione di ogni unità produttiva e per ogni livello di catena di fornitura fino al raggiungimento dell’ultima unità produttiva coinvolta nel processo logistico-produttivo; da quest’ultimo livello opportuni simulatori, sincronizzati tra di loro sul livello di analisi, eseguono

una o più simulazione in regime stocastico al fine di determinare politiche produttive atte a soddisfare il piano di riferimento (eventuali anticipi di produzione, soluzione di vincoli, identificazione e rimozione criticità). Qualora la simulazione in regime di incertezza evidenzi una infattibilità nel soddisfare il piano di riferimento, questa viene passata al livello superiore riportando la nuova data di consegna validata; tale infattibilità può essere solo di tempo in quanto localmente ogni gestore del sistema è in grado di risolvere una infattibilità di capacità spostando in anticipo di un bucket temporale il ramo della distinta di pianificazione che ha subito il ritardo e reiterando il ciclo sopraccitato per tutte le parti o nodi correlati a questo spostando la produzione o modificando le priorità delle altre produzioni in essere. Nel caso in cui l'infattibilità di tempo non sia eliminabile nei livelli superiori, essa risale livello per livello fino al raggiungimento del livello del contraente principale ed il piano di riferimento modificato generando un ritardo per il prodotto finito. Esiste tuttavia la possibilità, per il gestore della produzione del contraente principale, di allocare su di un altro fornitore tale produzione o eventualmente di utilizzare la scorta di sicurezza se presente.



Generazione del Gantt Ottimo

Completato il ciclo di pianificazione e validazione, attraverso approccio simulato, il controllo dell'intero sistema passa dalla modalità off-line a quella on-line dove eventuali aleatorietà dell'intero processo vengono condivise a livello di framework al fine di correggere divergenze rispetto al pianificato. In tale modalità, infatti, lo scopo del sistema è quello di inseguire quanto stabilito dal piano di riferimento, evidenziando eventuali criticità in termini di ritardo sul prodotto finito, all'interno di una finestra temporale, in cui sia ancora possibile intervenire riducendo o eliminando se possibile gli indesiderati effetti di tale situazione. I simulatori in questa fase, partendo dalla situazione corrente del sistema, forniscono proiezioni, per ogni livello della catena di fornitura, utili per la comprensione degli impatti negativi sull'intero processo. Gli algoritmi di schedulazione possono in questa fase generare differenti scenari, funzionalmente ai gradi di libertà consentiti, tra cui poter scegliere una schedala fattibile al fine di ovviare all'aleatorietà emersa nel contingente. Il flusso delle informazioni con cui schedulatori e simulatori interagiscono può essere rappresentato dallo schema riportato. Le risposte che il sistema è in grado di fornire durante la fase off-line risultano essere utili a fini dell'individuazione delle migliori strategie di produzione e di approvvigionamento, fornendo proiezioni relativamente all'utilizzazione delle risorse di ogni unità produttiva, al livello di WIP, al numero di prodotti finiti ed alle variabili in gioco fissate in fase di analisi preliminare.

CONCLUSIONI, SVILUPPI E LEZIONI APPRESE

Il progetto WILD ha rappresentato un momento importante di cooperazione tra Gruppi di Ricerca Nazionali interessati alle tematiche di Supply Chain Management (SCM) ed al tempo stesso un significativo momento di confronto con Centri di Eccellenza Internazionali.

In quest'ambito sono state organizzate sessioni speciali nell'ambito di congressi prestigiosi internazionali in Europa e Nord America (Systemics, Cybernetics & Information Congress, SCI 2001/2002; Summer Computer Simulation Conference SCSC 2001/2002; International Workshop on Harbour, Maritime & Multimodal Logistics Modelling and Simulation, HMS 2001/2002; International Workshop on Modelling & Applied Simulation MAS 2002) dedicate a presentare i risultati di questa iniziativa e creare un momento di incontro/interazione fondamentale per la verifica e convalida dei modelli sviluppati.

I risultati conseguiti sono stati di sicuro interesse sia sotto il profilo metodologico, sviluppando un approccio integrato per lo sviluppo di una nuova generazione di modelli dedicati alla SCM basati sulla tecnologia HLA (High Level Architecture), sia sotto il profilo scientifico tramite ricerche approfondite e sperimentazioni dell'integrazione di nuove tecniche per affrontare problemi complessi (i.e. Teoria Equilibrio, Fuzzy Logic, Agenti Intelligenti per la rinegoziazione dinamica). L'effetto dei risultati ottenuti sul settore SCM è senz'altro notevole considerando il fatto di aver ideato e sperimentato soluzioni ad alcuni dei problemi fondamentali del settore (controllo distribuito della Supply Chain, manutenzione dei modelli, garanzia del mantenimento del know-how aziendale, riservatezza e sicurezza, integrazione in Internet, etc.).

In particolare la realizzazione, convalida, verifica e sperimentazione condotta sul dimostratore della Federazione WILD, per il caso industriale considerato, rappresenta una concreta proposta per la SCM capace di garantire un reale controllo real-time on line caratterizzato da funzionalità e potenzialità di estremo interesse per il settore; dette funzioni, tra l'altro, risultano essere esigenze diffuse e fondamentalmente non ancora fruibili nelle soluzioni/proposte disponibili.

Sviluppi futuri prevedono di utilizzare questo approccio per integrare nella federazione di simulatori anche modelli che rappresentino altri aspetti del fenomeno gestionale (i.e. legali, economici etc.) al fine di fornire una più completa soluzione; al tempo stesso alcune delle tecniche e metodologie qui sviluppate e proposte sono destinate ad essere riadattate ad altri casi applicativi sfruttando l'esperienza già maturata in WILD.

Il progetto WILD è stato caratterizzato non solo dal successo nel conseguimento degli obiettivi programmati, ma anche da un rispetto puntuale di costi e tempi, nonostante la significativa riduzione di budget iniziale alla quale è stato assoggettato; questo grazie soprattutto all'impegno dimostrato da tutti i ricercatori coinvolti e dalle Istituzioni attive nel progetto che si sono fatte carico di supportarne lo sviluppo sfruttando efficacemente sinergie collegate ad altre iniziative connesse con questa tematica.

Il coordinamento per la gestione del progetto per la natura cooperativa dei modelli comporta significativi problemi, tra l'altro riscontrati anche da colleghi a livello internazionale per i grandi progetti militari che usano la tecnologia HLA; detta questione è stata risolta efficacemente tramite la definizione di SOW (Statement of Work), Deliverable Table & Milestone Table efficaci, dettagliati e completi. La garanzia, per il rispetto di queste linee guida di progetto è stata affidata ad un Project Manager con notevoli esperienze pregresse e capace sia di definire gli OMT (Object Model Template) in modo chiaro che di esplicitare correttamente gli obiettivi della federazione; questo ha permesso di superare molti impasse decisionali; è stato inoltre necessario, per rispettare la tabella di marcia, concentrare lo staff di definizione dell'architettura, sviluppo ed integrazione capace di agire direttamente sul campo e assegnare il coordinamento della parte di implementazione ad un responsabile operativo esperto; la creazione di una War Room ove condurre i test locali ed avere un punto di incontro di riferimento ha inoltre semplificato la parte di test e sperimentazione.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Adani M., Angellara S., Chessa M. (1998) "The supply chain management: a conceptual framework and an empirical evaluation", *Tesi di Laurea*, Politecnico di Milano
- [2] Agershou, H.,H. Lundgren, and T. Sorensen (1996) "*Planning and Design of Ports and Marine Terminals*" Wiley, New York
- [3] Alford D., Sackett P., Nelder G. (2000) "Mass Customizationan Automative Perspective", *Int. Production Economics* 65 99-100, Elsevier: Bedfordshire (UK).
- [4] Ames A.L., Nadeau D, Moreland J. (1996) "*The VRML Sourcebook*", John Wiley & Sons, NYC
- [5] Amico Vince, Guha R., Bruzzone A.G. (2000) "Critical Issues in Simulation", *Proceedings of Summer Computer Simulation Conference*, Vancouver, July
- [6] Arizono I., Yamamoto A., Ohta H. (1992) "Scheduling for Minimizing Total Actual Flow by Neural Networks", *Int. Journal of Production Research*, vol. 30 n. 3, 1992, pp. 503-511
- [7] Aucamp, D.C., (1987), "A lot-sizing policy for production planning with application in MRP", *Int. J. Prod. Res.*, Vol. 25, pp. 1099-1108
- [8] Baker, A.D. (1998). "A survey of factory control algorithms which can be implemented in a multi-agent heterarchy: dispatching, scheduling and pull", *Journal of Manufacturing Systems*, 17 (4) : 297-320.
- [9] Bakos Y. (1991) "Information links and electronic marketplaces: the role of InterOrganizational Information Systems in vertical markets", *Journal of Management Information Systems*, Fall 1991.
- [10] Banks J. et al. (1998) "*Handbook of Simulation*", John Wiley & Sons New York ISBN 0-471-13403-1
- [11] Banks J., Carson J., Nelson B. (1996) "*Discrete-Event System Simulation*", Second Edition, Prentice Hall
- [12] Barret S. S., Konsynski B. (1982) "Interorganizational Information Sharing Systems"; *MIS Quarterly*
- [13] Bartolotta A., Corradi E., Garetti M. (1999) "Developing an ontology for the modelling of manufacturing systems" *Proceeding of IEMC99*, Verdal, Norway June 14-16.
- [14] Bartolotta A., Garetti M.; "Object-oriented representation of manufacturing systems: trends and perspectives"; *Proceedings of the Advanced in Production Management Systems Conference IFIP*, Kioto.
- [15] Bartolotta, E. Corradi and M. Garetti (1997) "Utilizzo della metodologia object-oriented per la descrizione dei Sistemi produttivi", *Proceedings of the XXV Conference ANIMP*, Sorrento, 23-25 Ottobre
- [16] Beamon B.M. (1999) "Measuring Supply Chain Performance", *International Journal of Operations and Production Management* Vol. 19, n.3, pp. 275 - 292
- [17] Beamon, B. (1998) "Supply chain design and analysis: Models and Methods", *Int. J. Production Economics*, 55, 281-294
- [18] Beamon, Ware, "A process quality model for the analysis, improvement and control of supply chain systems", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 28, n. 9/10, pp. 704-8715
- [19] Bekker J., S. Saayman (1999), "Drawing conclusion from deterministic logistic simulation models", *Logistic Information Management*, Vol.12, n. 6, pp. 460 – 466
- [20] Bel G., Perona M., Sianesi, A., Thierry C. (1994) "The Multi-Site Production Management Problem: Mathematical Formalization and Prototype Development", *10th Int.Conf. on Computer Aided Production Engineering*, Palermo, 7/9-giugno
- [21] Benedettini, O. (2002) "Integrazione logistica degli approvvigionamenti in un distretto industriale", *Logistica & Management – Ed.Ritman*, ottobre
- [22] Benedettini O., R. Iavagnilio, G. Mossa, G. Mummolo, L. Ranieri (2001) "Integrating Resource Allocation and Simulation in Project-type Production Planning and Control of Supply Chains: A Case from the Aeronautics Industry, Special Interest Group (SIG)" *on Advanced Techniques in Production Planning and Control* 28-29 August, Aalborg, Denmark.
- [23] Benedettini O., M.G. Gnoni, G. Mummolo (2001) "Versatilità dei siti produttivi e affidabilità di supply networks", *Atti XXVIII Convegno ANIMP*, Spoleto, Ottobre
- [24] Berry D. (1999) "The BRP SCOPE concept in leveraging improved supply chain performance", *Business Process Management Journal*, Vol.5, n.3, pp. 254 – 274
- [25] Bertolini F., Bruzzone A.G., Merlino M., Mosca R., Testa, S. Tremori R. (1997) "Intelligent Warehouse & Simulation Modellingfor Industrial Facilities: Technique & Managers Waking", *Proc. of Summer Computer Simulation '97*, Arlington, July 13-17
- [26] Bettini G., Rapaccini M., Tucci M. (1997) "Automatic modelling of manufacturing systems with conventional stochastic discrete events simulation languages", *Proceedings of 9th European Simulation Symposium ESS, Passau (D)*, 19-22 October pp. 411-415, ISBN 1-56555-125-7
- [27] Bettini G., Tucci M., Rapaccini M. (1999) "A Taxonomy of PPC Methodologies: A step towards advanced simulation tools", *Proceedings of 2nd IFIP WG5.7 Special Interest Group on Advanced Technique in Production Planning and Control*, Hanover (D), 11-12 February, pp. 53-56
- [28] Bitici S., T. Turner (2000), "Dynamics of performance measurement systems", *International Journal of Operations and Production Management* Vol. 2, n.6, pp. 692 – 704

- [29] Bonabeau E., Dorigo M., Theraulaz G. (1999) "*Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems*", Oxford Univ Press, Oxford
- [30] Booch G (1994) "*Object-Oriented Analysis and Design*", Addison Wesley, Menlo Park, CA
- [31] Booch G., Rumbaugh J., Jacobson I. (1999). "*The Unified Modeling Language user guide*", Addison-Wesley.
- [32] Bourne M., M. Wilcox, A. Neely, K. Platts (2000) "Designing, implementing and updating performance measurement systems", *International Journal of Operations and Production Management* Vol. 20, n.7,
- [33] Bowersox D. J., Closs D. J.; "*Logistical Management: the Integrated Supply Chain Process*"; Mc Graw-Hill: New York, 1996.
- [34] Brandolese A. Pozzetti A. e Sianesi A. (1995) "*Gestione della produzione industriale*", Editore Ulrico Hoepli Milano
- [35] Brandolese A., Brugger G., Misul M. (1985) "Analisi dei sistemi di produzione manifatturiera"; *Finanza, Marketing e Produzione*, n. 1, marzo
- [36] Brandolese M., M. Franci, A. Pozzetti (1996), "Production and maintenance Integrated Planning", *International Journal of Production Research*, Vol. 34, No. 7, 1996
- [37] Brandolese, A., Brun, A., Portioli, A. (2000) "A Multi-Agent approach for the Capacity Allocation Problem", *International Journal of Production Economics*, 166: 269-285.
- [38] Brun, A. (2000) "Approcci distribuiti alla pianificazione della Supply Chain", *Tesi di Dottorato*, Politecnico di Milano, Dicembre
- [39] Brun, A., Caridi, M. (2000) "Mixed-Model Final Assembly Line Scheduling by mean of a Virtual Ants Colony", in *Abstract Proceedings of ANTS'2000 – from Ant Colonies to Artificial Ants: Second International Workshop on Ant Algorithms*, Bruxelles, 7-9 Settembre
- [40] Brun, A., Caridi, M., (1998) "The mixed-model assembling lines balancing problem: yet another application of the ant-system paradigm", in *Proceedings of the CIRP International Seminar on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering*, Capri, 1-3 Luglio
- [41] Brun, A., Caridi, M., Cavalieri, S. et al (1998). "Progetto COSPI: modellazione e sviluppo di un sistema di gestione della produzione basato su agenti autonomi", *Atti del XXV Convegno Nazionale di Impiantistica Industriale.*, pag. 287 - 312. Bologna, 29 - 31 Ottobre
- [42] Brun, A., Caridi, M., Macchi, M., Massè, M. (1999) "An agent-based short-term production scheduling and control system", in *Atti del VI Congress of IA*AI*, Bologna, 15-17 Settembre
- [43] Brun, A., Giambruno, P. (2000) "APS: l'arte di gestire la Supply Chain", *Computerworld Italia*, 29 maggio
- [44] Brun, A., Portioli, A. (1998) "Un'applicazione dei sistemi multi-agente alla programmazione della produzione nei sistemi multilivello", *Atti del XXV Convegno Nazionale ANIMP-OICE-UAMI*, Bologna, 29-31 Ottobre
- [45] Brun, A., Portioli, A. (1998) "Agent-based shop-floor control systems: solving the assemblies co-ordination problem", *Proceedings of the CIRP International Seminar on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering*, Capri, 1-3 Luglio
- [46] Brun, A., Portioli, A. (1999) "Agent-based shop-floor scheduling of multi-stage systems", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 37, n. 1-2, 457-460,
- [47] Brun, A., Portioli, A. (1999) "Effective Supply Chain Co-ordination: an investigation", in *Proceedings of the Second International Workshop on Intelligent Manufacturing Systems*, Leuven, Belgio, 22-24 Settembre
- [48] Brun, A., Portioli-Staudacher, A. (2000) "Negotiation-Driven supply Chain Co-ordination for Small and Medium Enterprises", *ECAI Workshop Notes – Agent Technologies and Their Application Scenarios in Logistics - 14th European Conference on Artificial Intelligence*, Berlino, 20-25 Agosto
- [49] Brun, A., Portioli-Staudacher, A. (2000) "Utilizzo di Agenti Autonomi per la gestione integrata della Supply Chain – una analisi sperimentale per la filiera tessile", *Atti del XXVII Convegno Nazionale ANIMP – OICE – UAMI*, Trieste, 12-13 Ottobre
- [50] Bruzzone A., Mosca R., Revetria R., (2002) "Web Integrated Logistic Designer and Intelligent Control for Supply Chain Management", *Proceedings of SCSC 2002*, San Diego CA, July
- [51] Bruzzone A.G., Giribone P., Revetria R. (2002) "Genetic Algorithms and Simulation for Aftersales Supply Chain Re-Engineering Process", *Proceedings of MIC2002, Innsbruck*, February 18-21
- [52] Bruzzone A.G., Mosca R., Orsoni A., Revetria R. (2002) "Simulation-Based VV&A Methodology for HLA Federations: an Example from the Aerospace Industry", *Proceedings of 35th Annual Simulation Symposium, IEEE/SCS*, San Diego April
- [53] Bruzzone A.G., Mosca R. (2002) "Simulation And Fuzzy Logic Decision Support System As An Integrated Approach For Distributed Planning of Production", *Proceedings of FAIM2002*, Dresden, July 15-17
- [54] Bruzzone A.G., Revetria R., Briano C. (2002) "HLA Education in Supply Chain Management", *Proceeding of SCI2002*, Orlando, July
- [55] Bruzzone A.G., Giribone R., Revetria R. (2002) "Integrating Small & Medium Enterprise in a E-Procurement using Java Applet Technology", *Proceeding of SCI2002*, Orlando, July
- [56] Bruzzone A.G. (2002) "Web Integrated Logistics and Artificial Intelligence Application for Creating Smart Logistics Networks", *Proceeding of SCI2002*, Orlando, July
- [57] Bruzzone A.G., Mosca R., Revetria R. (2002) "Supply Chain Management Dynamic Negotiation using Web Integrated Logistics Designer (WILD II)", *Proceedings of MAS2002*, Bergeggi October 3-5

- [58] Bruzzone A.G., Saetta S. (2002) "LESNEX: LEan Simulation Network of Excellence", *Proceedings of the 2002 International Workshop on Harbour, Maritime and Multimodal Logistics Modelling and Simulation (HMS 2002)*, Bergeggi, Italy, October 3-5
- [59] Bruzzone A.G., Serindat O., Bertoni F. (2002) "CHARME: CHAotic InventoRy ManagEment", *Tech.Report of ICAMES*, ENSO, Bogazici University, Istanbul, May
- [60] Bruzzone A.G., Mosca R., Revetria R., Tonelli F. (2002) "Sistemi Integrati di Gestione Avanzata per la Quick Response della Catena di Fornitura", *Proceedings of XXIX Convegno Nazionale ANIMP*, Sorrento, Italy October
- [61] Bruzzone A., Mosca R., Revetria R. (2001) "Supply Chain Management over the web in Aerospace Industry by using Simulation: WILD", *Proceedings of Virtuality2001*, Turin November
- [62] Bruzzone A., Roberto Mosca, Flavio Tonelli, R.Revetria, Vigano' G., Diglio G. (2001) "Advanced Issues in Distributed Verification and Validation Process for Supply Chain Management Simulation", *Proceedings of HMS2001*, Marseille, October 15-17"
- [63] Bruzzone A.G. (1998) "Stochastic Planning & Scheduling Production For Moulding Processes Using Simulation", *Proceeding of Summer Computer Simulation Conference*, Reno, July
- [64] Bruzzone A.G., Fassone B., Giribone P., Mosca M. (1998) "Project Management Tools: Simulation On Web Environment", *Proceedings of Websim99*, San Diego January
- [65] Bruzzone A.G., Giribone P. (1998) "Decision-Support Systems and Simulation for Logistics: Moving Forward for a Distributed, Real-Time, Interactive Simulation Environment", *Proceedings of the Annual Simulation Symposium IEEE*, Boston, 4-9 April
- [66] Bruzzone A.G., Giribone P., Revetria R. (1999) "Design and management issues in the development of the new workshops using web-based simulation and neural networks", *Proceedings of FAIM'99*, pp. 265-276 Tilburg (NE), June 23-25
- [67] Bruzzone A.G., Kerckhoffs (1996) "Simulation in Industry", Genoa, Italy, October, Vol. I & II, ISBN 1-56555-099-4
- [68] Bruzzone A.G., Mosca R. (1999) "Modelling & Simulation & ERP Systems For Supporting Logistics in Retail", *Proceedings of ESS99*, Erlangen, October
- [69] Bruzzone A.G., P. Giribone, "Robust and Central Composite Design as Collaborative Techniques for Production Planning Using Simulation", *Proc. of EUROSIM '98*, Helsinki, April 1998.
- [70] Bruzzone A.G., P. Giribone, "Simulating Assembly Processes in Automotive Support Industries for Production and Design Improvement", *Proc. of XV Simulator International*, Boston, 1998.
- [71] Bruzzone A.G., P. Giribone, "The Identification of Critical Conditions in Total Quality Management for Assembling Industry", *Proc. of Summer Computer Simulation Conference*, Reno, July 1998.
- [72] Bruzzone A.G., P. Giribone, "The Solution to the Problem "WHY?" Applied to Industrial Production: the Key to Success for Total Quality Management", *Proc. of ToolMet '98*, Olulu, April 1998.
- [73] Bruzzone A.G., Page E.H., Uhrmacher A. (1999) "Web Based Modelling & Simulation", SCS, San Diego, ISBN 1-56555-156-7
- [74] Bruzzone A.G., R. Mosca, R. Revetria (2001) "Gestione Integrata di Sistemi Produttivi Interagenti: Metodi Avanzati per la Quick Response" ISBN 88-900732-0-9"2001
- [75] Bruzzone A.G., Revetria R., Orsoni A. (2001) "Framework Development For Web-Based Simulation Applied To Supply Chain Management", *Proceeding UKSim*, Cambridge
- [76] Bruzzone A.G., Revetria R., Merkurjev Y., Merkurieva G., Diglio G. (2001) "Advances In Hla Based Education For Supply Chain Management", *Proceedings of HMS2001*, Marseille, October
- [77] Bruzzone A.G., Roberto Revetria, Flavio Tonelli, Diglio G., Vigano'G. (2001) "Advanced Issues in Distributed Verification and Validation Process for Supply Chain Management Simulator", *Proceedings of HMS2001*, Marseille, October
- [78] Cadenhead R., "Java 1.2, SAMS Teach Yourself Java 1.2", Sams Publishing, 1998.
- [79] Caputo A.C., Cardarelli G., Ippoliti E., Di Stefano G., (2001) "Implementing a HLA-based Distributed Simulation for Supply Chain Management: Development of an Arena Based Federate", *Proc. 2001 Summer Computer Simulation Conference SCSC 2001*, July 15-19, Orlando, Florida, USA.
- [80] Caputo A.C., Cucchiella F., Fratocchi L. Pelagagge P.M., Scacchia F., (2002) "I Trasporti nella Supply Chain: Modelli e Criteri di Gestione", *Atti Convegno Nazionale ANIMP*, 17-18 ottobre 2002, Sorrento.
- [81] Caputo A.C., Pelagagge P.M., (2001) "Process Reengineering in Tubular Radiator Manufacturing", *Proc. 1st COBEF Conference*, Curitiba, Brasil, 2-4 April 2001
- [82] Caputo A.C., Pelagagge P.M., Scacchia F., 2002 "Integrating Transport Systems in Supply Chain Management Software Tool", *Twelfth International Working Seminar on Production Economics*, Igls-Innsbruck, Austria, February 18-22, 2002
- [83] Caputo A., "Organizzare la logistica per l'Efficient Consumer Response", Cedam
- [84] Carbone A., A.G. Bruzzone, P. Giribone, "Harbour Services and Lay-Out Re-Engineering by Using Simulation", *Proc. of 1st Workshop on Modelling & Simulation within a Maritime Enviroment*, Riga, Latvia, September, 1998
- [85] Carey R., Bell G. (1997) "The annotated VRML 2.0 Reference Manual", Addison Wesley, Reading MA

- [86] Caridi M., C.Bonanni, A.Ghisellini (2001) "Sistemi informativi per la gestione della Supply-Chain: un modello per l'assessment del valore", *Memorie del XXVIII Convegno Nazionale ANIMP* – Spoleto, 2001;
- [87] Cavalieri, S. Corradi, E. Macchi, M "Proposta di una metodologia a Supporto della fase concettuale di un sistema multiagente", *Tech. Report Dipartimento di Economia e Produzione Politecnico di Milano*
- [88] Cavalieri, S., Taisch, M., Garetti, M. (1998) "An experimental benchmarking of two multiagent systems for production scheduling and control", *Proceedings of the First International Workshop on Intelligent Manufacturing Systems*, pag. 133 - 154. Lausanne, April 15-17
- [89] Chaib-Draa, B. (1996), "Interactions between agents in routine, familiar, and unfamiliar situation", *International Journal of Cooperative Information Systems*, Vol.5(1)
- [90] Chan, Tang, Lau, "A Simulation Approach in Supply Chain Management", *Integrated Manufacturing Systems*, Vol. 13, n. 2, pp. 117-122
- [91] Chandra C., N. Chilov, (2001) "Simulation Modeling for Information Management in a Supply Chain", *Proceedings of POMS 2001*, Orlando FL
- [92] Chao, X., Pinedo, M. (1998) "*Operations Scheduling with Applications in Manufacturing and Services*", McGraw-Hill
- [93] Cheli E., Bettini G., Tucci M., Rapaccini M. (2000) "Toward integrated simulators. First step: please pass the data", *Proceedings of 3rd IFIP WG5.7 Special Interest Group on Advanced Technique in Production Planning and Control*, Florence (I), 24-25 February 2000
- [94] Cigolini, R., Perona, M., e Portioli, A. (1998). "Comparison of Order Review and Release techniques in a dynamic and uncertain job shop environment", *International Journal of Production Research*
- [95] Clearwater, S.H., Huberman, B.A., e Hogg, T. (1991). "Co-operative solution of constraint satisfaction problem", *Science*, Vol.254, pp.1181-1183
- [96] Cooper M.C., D.M. Lambert (1997), "Supply chain management: more than a new name for logistics", *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 8, n.1, pp. 1 – 14
- [97] Copacino, W.C. (1997) "*Supply Chain Management*", American Productivity and Inventory Control Society 1997
- [98] Cornell G., Horstmann C.S. (1997) "*Core Java*", SunSoft Press, Mountain View, CA
- [99] Corradi, A. Bartolotta, M. Garetti, M. Rabe, A. Raimondo (1997) "Manufacturing Systems Engineering for the Extended Enterprise", *Proceedings of the Conference Organizing the Extended Enterprise*, Ascona, 15-18 Settembre
- [100] Cozzi M. (1999) "Supply Chain Strategies", *Tesi di Laurea*, Politecnico di Milano,
- [101] Croci F., A. Pozzetti, "OPT scheduling performances: a case study", *to be published on Production Planning & Control*
- [102] Croci F., A. Pozzetti (1997) "Range and mix flexibility performance measurements", *1st International Conference on Managing Enterprises - Stakeholders, Engineering, Logistics and Achievement*, Loughborough, July
- [103] Croci F., M. Perona, A. Pozzetti (1996) "Event driven dynamic scheduling system in electronic boards assembly", *12th International Conference on CAD/CAM Robotics and Factories of the Future*, London, agosto
- [104] Croci F., M. Perona, A. Pozzetti (1997) "Work-force management in automated assembly systems", *International Conference on Industrial Engineering and Production Management*, Lyon, ottobre
- [105] Dahmann J. (1997) "HLA Tutorial", *Simulation Interoperability Workshop*, Spring
- [106] Davis, R., e Smith, R.G. (1983). "Negotiation as a metaphor for distributed problem solving", *Artificial Intelligence*, Vol. 20, pp. 63-109.
- [107] De Souza R., S. Zice, L. Chaoyang (2000), "Supply chain dynamics and optimisation", *Integrated Manufacturing Systems*, Vol.11, n.5, pp. 348 – 364
- [108] Decker, K.S. (1995) "Environment Centered Analysis and Design of Co-ordination Mechanisms", *PhD Thesis*, University of Massachusetts, Amherst.
- [109] Dewar J.A., Bankes S.C., Hodges J.S. "*Credible Uses of the Distributed Interactive Simulation (DIS) System*", the Lucas Rand Corporation; ISBN: 0833023039
- [110] Di Leva A. (2001) "La logistica integrata e i sistemi ERP in imprese multinazionali" ,*Tesi di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dei Sistemi Avanzati di Produzione*, XIII ciclo, Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Gestionale, marzo
- [111] Di Leva A., M. G. Gnoni, G. Mossa, G. Mummolo (2000) "Pianificazione integrata della catena logistica di un'azienda multi-site del comparto meccanico-manifatturiero", *Conferenza Italian Society for Computer Simulation*, Lecce 15 Dicembre
- [112] Di Leva A., M.G. Gnoni, R. Iavagnilio, G. Mossa, G. Mummolo (2001) "Production Planning of a Multi-Site Manufacturing System by Hybrid Modelling: A Case Study from the Automotive Industry", *16th International Conference on Production Research (ICPR-16)* Prague, Czech Republic, 29 July – 3 August 2001, pp.118, submitted to Int. J. of Production Economics.
- [113] Dilts D.M., Boyd N.P., Whorms H.H. (1991). "The evolution of control architectures for manufacturing systems", *Journal of manufacturing systems*. Vol. 10, No.1

- [114] Disney, Naim, Towil, "Dynamic simulation modelling for Lean Logistics", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 30, n. 10, pp. 847-868
- [115] Doumeingts G., Ducq Y., Kromm H. (1999) "Enterprise modelling techniques to improve efficiency of enterprise", *Proceeding of IEMC99*, Verdal, Norway June 14-16.
- [116] Enslow, P.H. (1976) "What does distributed processing mean", *Distributed Systems, Infotech state of the art report*, Maidenhead, UK.
- [117] Ferring, Pearson "The role of purchasing / transportation cycle time reduction", *International Journal of Operations and Production Management* Vol. 17, n. 6, pp. 574 – 591
- [118] Fishwick, P. (1995) "*Simulation Model Design and Execution*", Prentice Hall, New Jersey
- [119] Fogarty D. W. (1983) "*Production and Inventory Management*"; South Western Publishing Co., Cincinnati (Ohio)
- [120] Foo Y.P., Takefuji Y. (1998) "Stochastic Neural Network for Solving Job Shop Scheduling", *Proc. of the IEEE 2nd Conf. on Neural Networks*, San Diego, June
- [121] Forrester, J.W. (1958) "Industrial Dynamics: a major breakthrough for decision makers", *Harvard Business Review*, Vol.36(4), pp.37-67.
- [122] Foster T. A. (1991) "It pays to measure performance: logistics performance compensation programs"; *Chilton's Distribution 90*, September
- [123] Fox M. S. (1980) "An organisational view of distributed systems", *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. SMC-11, No. 1, pagg. 70-80.
- [124] Franceschini F., C. Rafele (2000) "Quality evaluation in logistic services", *International Journal of Agile Management Systems*, Vol. 2, n.1, pp. 47 – 53
- [125] Franklin, S. and Graesser, A. (1996) "*Is it an Agent or just a Program?*", Academic Press, Boston
- [126] Fujimoto R. M. (1998) "Time Management in The High Level Architecture", *SIMULATION*, June
- [127] Fujimoto R. (1999) "Parallel and distributed simulation", *Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference*, pp 122 – 131, IEEE Piscataway, New Jersey
- [128] G. Archibald, N. Karabakal, P. Karlsson (1999) "Supply chain vs. supply chain: using simulation to compete beyond the four walls", *Winter Simulation Conference 1999*
- [129] Gan B. P., Liu L., Turner J. S., Cai W. (2000) "Distributed parallel Simulation of Supply Chain Models", *Technical report, University of Singapore*
- [130] Gan B. P., Liu L., Turner J. S., Cai W., Jain S., Hsu W. J. (2000) "Distributed Supply Chain Simulation across Enterprise Boundaries", *Proceeding of the 2000 Winter Simulation Conference*, pp 1245 – 1251, Florida
- [131] Gan B. P., Liu L., Turner S. J., Cai W., (2000) "Distributed parallel simulation of supply chain models", *5th UKSim*, 2001
- [132] Gan B. P., Low Y. H., Lim C. C., Jain S. (2000) "Bottleneck based modelling of semiconductor supply chains", *International conference on modelling and analysis of semiconductor manufacturing*, 2000
- [133] Gan B. P., Low Y. H., Lim C. C., Jain S., Cai W., Hsu W. J., Huang S. Y., Turner S. J. (1999) "A parallel discrete event simulation of wafer fabrication process", *Technical Report University of Singapore*, 1999
- [134] Gan B. P., Low Y. H., Lim C. C., Jain S., Cai W., Hsu W. J., Huang S. Y., Turner S. J. (2000) "Parallel discrete event simulation of a supply chain in semiconductor industry", *HPC, ASIA 2000*
- [135] Gan B. P., Turner J. S., Cai W., (2000) "Adapting a supply chain simulation for HLA", *DS-RT 2000*, USA
- [136] Gan B. P., Turner J. S., Cai W. (2001) "Hierarchical Federations: an architecture for information hiding", *PADS*, USA
- [137] Gan B. P., Turner J. S., Cai W., Ji Z. (2001) "Managing event traces for a web front-end to a parallel simulation", *Technical Report, University of Singapore*, 2000
- [138] Gan B. P., Turner J. S., Cai W., Xavier P. (2001) "Visualization of a distributed semiconductor supply chain simulation", *European simulation interoperability workshop 2001*, UK
- [139] Ganeshan, R., e Harrison, P.T. (1995) "An introduction to supply chain management", *Technical Report Penn State University*
- [140] Garetti M., A. Pozzetti, R. Tavecchio (1996) "Production scheduling in SMT electronic boards assembly", *Production Planning & Control*, vol. 7, n. 2
- [141] Garetti M., Macchi M. (2000). "Manufacturing systems modelling and enterprise modelling: do they need to be integrated?" *Information technology for business management*. 16° *World Computer Congress 2000*, Beijing, China, August 21-25.
- [142] Garetti, A. Bartolotta, E. Corradi, M. Rabe, A. Raimondo (1997) "Design issues of an integrated software workbench supporting the manufacturing systems design process", in Plonka F., Olling G. (eds.), *Computers Application in Production and Engineering*, IFIP, Chapman & Hall
- [143] Gel E.S, G. Runger, M. Pfund, J.W. Fowler, A. Burhanudin and C. Vardar (2002) "Event and Data Trigger for Rescheduling in Wafer Fabs", *12th International Conference on Flexible Automation & Intelligent Manufacturing*, Dresden, Germany
- [144] Genesereth, M.R., and Ketchpel, S.P. (1994) "Software Agents", *Communications of the ACM*, Vol. 37, No.7.
- [145] Geraghty R., Joyce S., Moriarty S., Noone G., Joyce S. "*COM-CORBA Interoperability*", Prentice Hall ISBN 0130962775

- [146] Gibson, R. R., B. C. Carpenter and S. P. Seeburger (1992) "A Flexible Port Traffic Planning Model" *Proceedings of 1992 Winter Simulation Conference* Piscataway N.J.
- [147] Giribone P. & A.G.Bruzzozone (1995) "Artificial Neural Networks as a System for Production Planning in an Alimentary Plant", *Proc. of Simulators International XII*, Phoenix, April 9-13
- [148] Giribone P., Bruzzozone A.G. & Tenti M. (1996) "Local Area Service System (LASS): Simulation Based Power Plant Service Engineering & Management", *Proc. of XIII Simulators International Conference*, New Orleans LA, April 8-11
- [149] Gnoni M.G. (2000) "Integrazione e coordinamento nella gestione della supply chain", *Atti del XXVII Convegno ANIMP-OICE-UAMI*, Trieste, 12-13 ottobre 2000.
- [150] Gnoni M.G., R. Iavagnilio, G. Mossa, G. Mummolo, "Modelling Dynamics of a Supply Chain Under Uncertainty: A Case from the Automotive Industry", *Special Issue of International Journal of Automotive Technology and Management*
- [151] Gnoni M.G., R. Iavagnilio, G. Mossa, G. Mummolo "Solving a lot sizing and scheduling problem by hybrid modelling", *Proceedings of the Third International Workshop of Special Interest Group on Advanced Techniques in Production Planning & Control*, Firenze 24-25 Febbraio 2000, Florence Press.
- [152] Gopalakrishnan, M., Miller, D.M., Schimdt, C.P., (1995) "A framework for modelling setup carryover in the capacitated lot-sizing", *Int. J. Prod. Res.*, Vol. 33, pp. 1979-1988
- [153] Grace Y.Lin;James J.Solberg (1992) "An Agent-Based Flexible Routing Manufacturing Control Simulation System", *Proceeding of the 1994 Winter Simulation Conference* ed. J. D.
- [154] Gunasekaran, C. Patel, E. Tirtiroglu (2001) "Performance measures and metrics in a supply chain environment, *International Journal of Operations and Production Management* Vol. 21, n.1/2, pp. 71 - 87
- [155] Hamilton John A. Jr., Nash David A., Pooch Udo W. "Distributed Simulation", CRC Press ISBN: 0849325900 MISS- UC Chico - HLA Library
- [156] Handfield R.B., Nichols E.L. jr; (1999) "Introduction to Supply Chain Management"; Prentice-Hall: Upper Saddle River (NJ)
- [157] Harrington H. J. (1991) "Business process improvement: the breakthrough strategy for Total Quality, Productivity and Competitiveness", Mc Graw-Hill: New York
- [158] Hill David (1996) "Object-Oriented Simulation", Addison Wesley, Reading MA
- [159] Hinkley, Reid, Snell, "Statistical Theory and Modelling"
- [160] Holberg, "A systems perspective on supply chain measurement", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*
- [161] Hopfield J.J., Tank, D.W. (1985) "Neural Computation of Decisions in Optimization Problems", *Biol. Cybernetics*, Vol. 52, pp.141-152
- [162] Hudson M., A. Smart, M. Bourne (2001) "Theory and practice in SME performance measurement systems", *International Journal of Operations and Production Management* Vol. 21, n.8, pp. 1096 – 1115
- [163] Huq F., Z. Huq, "The sensitivity of rule combination for scheduling in a hybrid job shop", *International Journal of Operations and Production Management* Vol. 15, n.3, pp. 59 – 75
- [164] Iannone R., S.Miranda, S.Riemma (2001) "An architecture for production management in SMEs based on a dynamic link between project management and accounting packages", *Proceedings of SMESME Conference*, Aalborg – Denmark 2001;
- [165] J. S. Dahmann, F. Kuhl, R. Weaherly (1998) "Standards for Simulation: As Simple As Possible But Not Simpler The High Level Architecture For Simulation", *SIMULATION* June
- [166] Jahnukainen J., Lahti M. (1999) "Efficient purchasing in Make To Order supply chain"; *Int. J. Production Economics* 59 103-111, Elsevier: Otakaari 1 (Finland).
- [167] Jain S., R.W. Workman, L.M. Collins, E.C.Ervin "Development of a High-Level supply chain simulation model", *Proceedings of 2001 Winter Simulation Conference*
- [168] Jansen B, Hamilton J, Pooch U. (1997) "Modeling and Simulating an Army Information Support Structure", *Proc. of Military, Government and Aerospace Simulation*, Atlanta
- [169] Jennings, N.R. (1993) "Commitments and Conventions: the foundation of co-ordination in Multi-Agent Systems", *The Knowledge Engineering Review*, Vol.8(3), pp.223-250.
- [170] Jennings, N.R. (1996) "Co-ordination techniques for Distributed Artificial Intelligence", *Foundations of Distributed Artificial Intelligence* (O'Hare, G., e Jennings, N., a cura di), John Wiley & Sons.
- [171] Kamel, M., e Ghenniwa, H. (1994) "Co-ordination of distributed intelligent systems", in *Soft computing: Fuzzy Logic, Neural Networks, and Distributed Artificial Intelligence* (Aminzadeh, F., and Jamshidi, M., Eds.), Prentice Hall, Englewood Cliffs, pp.229-260
- [172] Keah Choon Tan (2001) "A framework of supply chain management literature", *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 39-48;
- [173] Kell, J. H. and I. J. Fullerton (1991) "Manual of Traffic Signal Design" *Tech.Report Institute of Transportation Engineers*, Washington D.C.
- [174] Kelsey, R. L. and K. R. Bisset (1993) "Simulation of the Traffic Flow and Control Using Fuzzy and Conventional Method" in *Handbook of Fuzzy Logic and Control*, Prentice Hall, Upper Saddle, River, N. J.
- [175] Kelton W. D., Law A. M. (1991) "Simulation Modeling and Analysis"; Mc Graw- Hill: New York, 1991.

- [176] Kenneth C. Laudon, New York University "Management Information System organization and Technology in the Networked Enterprise", sixth edition.
- [177] Khaw J.F.C., Lim B.S., Lim L.E.N. (1993) "Scheduling a Group Technology Manufacturing Cell Using a Hybrid Neural Network", *Journal of Flexible Automation and Integrated Manufacturing*, 1(2), 1993, pp. 105-117
- [178] Kim D., Cao H., Buckley S. J. (1999) "Modelling and simulation of supply chain management based on DEVS and CORBA framework", *Proceeding of the 1999 Winter Simulation Conference*
- [179] Kirkpatrick, S., Gelatt, C.D., e Vecchi, M.P. (1983) "Optimization by simulated annealing Science", Vol. 220, No.4598.
- [180] Koestler, A. (1991). "The ghost in the machine", Arkana Books, Reading, UK.
- [181] Koh S.C.L., S.M.Saad (2002) "ERP-controlled Manufacturing Environment Disturbed by Uncertainty", *12th International Conference on Flexible Automation & Intelligent Manufacturing*, Dresden – Germany
- [182] Koh, P. H., J. L. K. Goh, H. S. Ng. And H. C. Hg. (1994) "Using Simulation to Preview Plans of a Container Port Operation" *Proceedings of the 1994 Winter Simulation Conference*, Piscataway N. J.
- [183] Kuhl F., Weatherly R., Dahmann J., Kuhl F., Jones Anita, " *Creating Computer Simulation Systems: An Introduction to the High Level Architecture*", Prentice Hall; ISBN: 0130225118
- [184] Lambert D.M., M.C. Cooper (1998) "Supply chain management: implementation issues and research opportunities", *The international Journal of Logistics Management*, Vol.8, n.2, pp. 1 - 19
- [185] Lambert D.M., R. Burduroglu (2000), "Measuring and selling the value of logistics", *The international Journal of Logistics Management*, Vol. 11, n.1, pp. 1 – 17
- [186] Lea R., Matsuda K, Miyashita K. (1996) "Java for 3D and VRML Worlds", New Riders Publishing, Indianapolis
- [187] Lee Y.H., CS.Jeong, C.Moon (2002) "Advanced planning and scheduling with outsourcing in manufacturing supply chain", *Computer & Industrial Engineering*
- [188] Lee, H.L., e Billington, C. (1992) "Managing Supply Chain Inventory: Pitfalls and Opportunities", *Sloan Management Review*, Spring, pp. 65-73.
- [189] Lee, H.L., e Billington, C. (1993) "Material Management in Decentralised Supply Chains", *Operation Research*, Vol. 41(5), pp. 835-847.
- [190] Lim B.S., Khaw J., Lim L. (1991) "Hybrid Neural Networks for Scheduling in a Group Technology Manufacturing Cell", *Proc. of the 2nd Int. Conf. On CIM*, Singapore, 1991, pp. 828-835
- [191] Lin, G.Y.-J. (1992), "An opportunistic price-based multiple-resource and part scheduling", *Tesi di Dottorato*, Purdue University, W.Lafayette, IN.
- [192] Lin, G.Y.-J., e Solberg, J.J. (1992) "Integrated shop-floor control using autonomous agents", *IIE transactions*, Vol. 24, No.3.
- [193] Little, Kenworthy, "Scheduling across the supply chain", *Logistic Information Management*, Vol. 8, n. 1, pp. 40-48
- [194] Lorenz M. (1993) "Object-oriented software development: a practical guide", Prentice Hall Object-oriented series
- [195] Lummus R.R., R.J. Vokurka (1999) "Defining supply chain management: a historical perspective and practical guidelines", *Industrial Management and Data System*, n.1, pp. 11 – 17
- [196] Lutz R., R. Scudder, J. Graffagnini (1998) "High Level Architecture Object Model Development And Supporting Tools", *SIMULATION*, June
- [197] Mabry, S. L. and J. L. Gaudiot (1994) "Distributed Parallel Object-oriented Environment for Traffic Simulation (POETS)" *Proceedings of the 1994 Winter Simulation Conference*, Piscataway N. J.
- [198] Magee, Copacino, Rosenfield, "Modern Logistic Management"
- [199] Malone, T.W., e Crowston, K. (1994) "The interdisciplinary study of co-ordination", *ACM Computer Surveys*, Vol. 26(1), pp.87-119
- [200] Mandelbrot, B.B. (1982). "The Fractal Geometry of Nature" W.H.Freeman, NY.
- [201] Manivannan S. (1996) "Operation Analisis and Improvement of Truckload Operations" *Proceedings of the ASI Symposium*, Salt Lake City, Utah
- [202] Manivannan S. and M. Zeimer (1996) "Simulation and Analisis of Aircraft Offloading Operations" *Proceedings of the 1996 Winter Simulation Conference*, Piscataway N. J.
- [203] Mason-Jones R., Towill D. R. (1999) "Total cycle time compression and the agile supply chain"; *Proc. of Int. J. Production Economics* 62 61-73, Elsevier: Cardiff (UK).
- [204] McConnell J. (1996) "Managing Client/Server Environments: tools and strategies for Building Solutions", Prentice Hall
- [205] McCulloch, W.S. (1949) "A heterarchy of values determined by the topology of nervous nets" *Bulletin of Mathematics Biophysics*, Vol. 11.
- [206] McLean C., Riddick F. (2000) "Integration of manufacturig simulations using HLA", *NIST Report*
- [207] Menzel C.P., Mayer R.J. (1998) "The IDEF family of languages" in Bernus P., Mertins K., Schmidt G. *Handbook on Architectues of Information Systems*, Springer.
- [208] Merkuriev Y., G.Merkurieva, A.Bruzzzone, R.Revetria, G.Diglio (2001) "Advances In HLA Based Education For Supply Chain Management", *Proceedings of HMS2001*, Marseille, France

- [209] Merli, Co-Makership "The New Supply Strategy for Manufacturers"
- [210] Miller J, Nair R., Zhang Z., Zhao H. (1997) "JSIM: A Java-Based Simulation and Animation Environment", *Proc. of 30th Annual Simulation Symposium*, Atlanta, April
- [211] Miller, A. J. (1971) "Queueing at Single-berth Shipping Terminal", *Journal of the Waterways, Harbor and Coastal Engineering Division of A.S.C.E.* No. WW1
- [212] Moore, E. F. (1957) "The Shortest Path Through a Maze", *Proceedings of the International Symposium on the Theory of Switching*, Cambridge Mass.
- [213] Mosca R, Giribone P., Bruzzone A.G. (1996) "Study of Maritime Traffic Modelled with Object-Oriented Simulation Languages", *Proc. of WMC96*, San Diego, January 14-17
- [214] Mosca R., A.G. Bruzzone, P. Giribone, B. Fassone, "Project Management Tools: Simulation on WEB Environment", *Proc. SCS Western Multiconference on WEB Based MODELLING & SIMULATION*, pagg. 140-145, San Francisco, January 1999.
- [215] Mosca R., Giribone P. & Bruzzone A.G. (1996) "Virtual Reality as a Support for Designing Fire-Fighting Standing Operating Procedures", *Proc. of Simulation for Emergency Management*, New Orleans LA, April 8-11
- [216] Mosca R., Giribone P., Bruzzone A.G. (1996) "Study of the Behaviour of Flexible Production Systems using Neural Nets", *International Journal of Production & Control*, vol. 7, no.5, 462-470
- [217] Mosca R., Giribone P., Bruzzone A.G. (1997) "Application of Experimental Design Methodologies to Management Re-Engineering in Industrial Assembly Department by Using Simulation", *Proceedings of 1st World Congress on Systems Simulation*, WCSS97, Singapore, September 1-4
- [218] Mosca R., P.Giribone & A.G.Bruzzone (1993) "Optimum Area Search Techniques Applied to Studies Relative to Plant Problems performed by means of Simulation", *Proceedings Simtec93*, San Francisco, November 8-10
- [219] Mosca R., P.Giribone & A.G.Bruzzone (1993) "Stochastic Simulation for the Analysis of Management's Problems of Automatic Flat-Cars in Container Terminals", *Proceedings ESS93*, Delft, October 25-28
- [220] Mosca R., P.Giribone & A.G.Bruzzone (1995) "Sensitivity Analysis In Interactive Stochastic Simulators", *Proceedings of MIC95*, Innsbruck, February 20-23
- [221] Mosca R., P.Giribone, A.G. Bruzzone (1997) "Information Technology and Artificial Intelligence to Support Production Management in Industrial Plants", *Proceedings of AI97*, Innsbruck, Austria, February
- [222] Mosca R., P.Giribone, A.G. Bruzzone (1997) "The Potential in the Integration of Tools for Plant Floor Solutions", *Proceedings of MIM97*, Vienna, Austria, February 3-5
- [223] Mosca R., P.Giribone, A.G. Bruzzone (1997) "The Potential in the Integration of Tools for Plant Floor Solutions", *Proceedings of MIM'97*, Vienna, Austria, February 3-5
- [224] Mosca R., P.Giribone, A.G.Bruzzone (1994) "Graphic, Analog and Statistical Verification of a Computer Simulation of Port Operations", *Proceedings of HPC94*, San Diego, April 10-15
- [225] Mossa, G., Mummolo, G. (2002) "Simulation modelling of both automated and human-based manufacturing and assembly line", *HMS 2002*, Savona.
- [226] Murphy P. R., Daley J. (1996) "International freight forwarder perspectives on Electronic Data Interchange and information management issues", *Journal of Business Logistics* 17, No. 1
- [227] Newing R. (1997) "Secure Internet transactions at last!", *Logistics Management*, May
- [228] Nof, S.Y. (1994). "Critiquing the potential of object orientation in manufacturing. *International Journal Computer Integrated Manufacturing*", vol. 7, no. 3: 3-16.
- [229] O'Brien C., Head M. (1995) "Developing a full business environment to support just-in-time logistics"; *Int. J. Production Economics* 42 41-50, Elsevier: Nottingham university Park.
- [230] O'Hare, G., Jennings, N. (1996) "*Foundations of Distributed Artificial Intelligence*", John Wiley & Sons.
- [231] Orlicky J., George W. Plossl "*Orlicky's Material Requirements Planning*", McGraw Hill Text; ISBN: 0070504598
- [232] Page E. H., Griffin S. P., Rother S. L., (1998) "Providing conceptual framework support for distributed web-based simulation within the HLA", *Proceedings of SPIE*, pp 287 – 292. Orlando
- [233] Page E. H. (1998) "The rise of web-based simulation: implications for the HLA", *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference*
- [234] Pancani J., Rapaccini M. Tucci M. (2000) "Simulation modeling and analysis of an assembly-shop: complexity managed with automatic coding", *Proceedings of 2nd Int. Conf. MITIP*, 5-6 June Nectiny (CZ), pp. 90-98, ISBN 80-7082-664-9, pp
- [235] Park T. Y., Han K. H., Choi B. K. (1997) "An object-oriented modelling framework for automated manufacturing system", *International Journal of computer integrated manufacturing*, vol. 10, n.5, pagg. 324-334.
- [236] Parsonson, P. S. and J. M. Thomas (1976) "A Case Study of the Effectiveness of the Traffic Responsive Computerize Traffic Control System" in Control Transportation System, *Proceedings of the 3rd International Symposium of IFAC/IFIP/IFORS*, Pittsburgh Pa.
- [237] Parunak, H.V.D. (1994) "Applications of Distributed Artificial Intelligence in Industry" *In: Foundations of Distributed Artificial Intelligence* (O'Hare and Jennings, (eds.)), Wiley Inter-Science.
- [238] Parunak, H.V.D. (1996) "Industrial applications of Multi-Agent Systems", *Industrial Tecnology Institute*, Ann Arbor

- [239] Parunak, H.V.D., Irish, B.W., Kendrick, J., e Lozo, P.W. (1985) "Fractal actors for distributed manufacturing control", *Proceedings of the second IEEE conference on Artificial Intelligence Applications*, Miami, FL.
- [240] Paterson D. J., Anschuetz E., Biddle M., Kotick D., Nguyen T. (1997) "Simulation Interoperability Standard Organization Extension of RTI to Construct a Simulator over Distributed PC's", *In Proceedings of Spring Simulation Interoperability Workshop*
- [241] Pinedo. M. (1994) "*Scheduling: Theory, Algorithms and Systems*", Prentice Hall
- [242] Poirier Charles C. "*Advanced Supply Chain Management*", Berrett-Koehler Publisher, ISBN 1-57675-052-3
- [243] Pooler, "Purchasing and Supply Management"
- [244] Portioli A. (1997) "A Fuzzy approach for the globalization of production activities, in Computer Applications", *in Production and Engineering*, F. Plonka and G Olling ed. Chapman & Hall
- [245] Prasad, B. (1996) "*Concurrent Engineering Fundamentals: Integrated Product and Process Organisation*", Prentice Hall, New Jersey
- [246] Pratt D., Kamath M., Delen D. (1996) "A new paradigm for manufacturing enterprise modeling: reusable, multi-tool modeling", *Proceedings of the 1996 Winter Simulation Conference*
- [247] Proctor, "Queues and the power of simulation", *Managing Decision*, Vol. 32, n. 1, pp. 20-25
- [248] Proud John F. "Master Scheduling : A Practical Guide to Competitive Manufacturing", John Wiley & Sons; ISBN: 0471243221
- [249] PTRM Consulting (1994) "Integrated Supply Chain performance measurement: a multi-industry consortium recommendation"; *Technical Report*, Weston, MA: PTRM
- [250] Quinn F. J. (1994) "What's the buzz? Supply Chain Management", Part 1; *Logistics Management* 36 February
- [251] Rabelo, R.J., e Camarinha-Matos, L.M. (1994). Negotiation in multi-agent based dynamic scheduling, *Robotics and computer integrated manufacturing*, Vol. 11, No.4.
- [252] Ranieri L. (2001) "Allocazione delle Risorse nelle Produzioni di Tipo Project", *Atti del XXVIII Convegno ANIMP-OICE-UAMI*, Spoleto, 25-26 ottobre
- [253] Rapaccini M., Tucci M. (2001) "Simulation-based scheduling and allocation of human resources in labour-intensive assembling activities", *4th IFIP WG5.7 Special Interest Group on Advanced Technique in Production Planning and Control*, Aalborg (DK), 28-29 August
- [254] Richardson H., Bering S., Trunik P., Harrington L. (1996) "New life through logistics"; *Transportation & Distribution* 37, No. 12, December 1996.
- [255] Rogora, C., e Pedone, P. (1995) "Supply Chain Integration: strategie per affrontare gli anni 2000", *Economia e Management*, n.2
- [256] Rolstadas A. (1998) "Enterprise performance measurement", *International Journal of Operations and Production Management* Vol. 18, n.9/10, pp. 989 – 999
- [257] RTI programmer's guide, *Technical Report DMSO*, 1998
- [258] RTI programmer's guide, ver 1.3, *Technical Report DMSO*, 1996
- [259] Rumbaugh, J., Blaha, M., Premerlani, W., Eddy, F., e Lorensen, W. (1991) "*Object-oriented modeling and design*", Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- [260] Schary, Shjott, Larsen, "Managing The Global Supply Chain"
- [261] Schmitz J. M., Frankel R., Frayer D. J. (1995) "ECR alliances: a best practice model"; *Joint Industry Project on Efficient Consumer Response*
- [262] Schneider, M. (1967) "Direct Estimation of Traffic Volume at a Point" *Highway Research Record 165, Highway Research Board*, Washington D.C.
- [263] Schönsleben P. (2000) "With agility and adequate partnership strategies towards effective logistics networks"; *Computers in Industry* 42 33-42, Elsevier
- [264] Schulze T., Strasburger S., Klein U. (1999) "Migration of HLA into civil domains: solutions and prototypes for transportation applications", *Simulation*, 73:5 pp. 296 – 303
- [265] Schulze T., Strasburger S., Schumann M., Bluemel E. (1998) "Using HLA for factory simulation", *Proceedings of 1998 Fall Simulation Interoperability Workshop*
- [266] Schulze T., Strasburger S., Schumann M., Menzler H. (1998) "Distributed traffic simulation based on the HLA", *Proceeding of 1998 Simulation Interoperability Workshop Fall*, Orlando
- [267] Shannon R. E., (1998) "Introduction to the art and science of simulation", *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference*, Volume 1.
- [268] Shaw, M.J.P. (1984) "The design of a distributed knowledge-based approach for the Intelligent Manufacturing Information System", *PhD Thesis*, Purdue University, W.Lafayette, IN.
- [269] Shiller, D. H. and M. L. Marvin (1956) "The determination of Requirement for Warehouse Dock Facilities" *Operation Research*, April
- [270] Singh J. (1996), "The importance of information flow within the supply chain", *Logistic Information Management*, Vol.9, n.4, pp. 28 – 31
- [271] Simchi-Levi D., Philip Kaminsky, Edith Simchi-Levi, "Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies and Case Studies", Irwin/McGraw-Hill; ISBN: 0072357568
- [272] Smith, R.G. (1980) "The contract net protocol: high-level communication and control in a distributed problem solver", *IEEE Transactions on Computers*, C-29, Vol. 12.

- [273] Smith, R.G., e Davis, R. (1981) "Frameworks for co-operation in distributed problem solving", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. smc-11(1), pp. 61-69.
- [274] Stevens, G.C. (1989) "Integration of the Supply Chain", *International Journal of Physical and Distribution Management*, Vol 19, pp. 3-8
- [275] Strader T. J., Lin F., Shaw M.J. (1998) "Information infrastructure for electronic virtual organization management"; *Decision Support Systems* 23 75-94, Elsevier: Urbana-Champaign, Urbana (USA).
- [276] Tucci M., Revetria R., (2001) "Different Approaches in Making Simulation Languages Compliant with HLA Specification", *Proceedings of SCSC 2001*, Orlando (FL) july 15–19
- [277] URL DMSO (Defense Modeling and Simulation Office), <http://www.dmsomil>
- [278] URL Genoa Simulation Team, <http://st.itim.unige.it>
- [279] URL Green, S., Hurst, L., Nangle, B., Cunningham, P., Somers, F., e Evans, R. (1997) "Software Agents: a Review, Intelligent Agents Group Report", http://www.cs.tcd.ie/research_groups/aig/iag/pubreview.zip
- [280] URL Harker, P.T., e Ungar, L.H. (1996) "A market based approach to workflow automation", <http://lsdis.cs.uga.edu/activities/NSF-workflow/paper1.html>
- [281] URL IST, UCF Orlando, <http://www.ist.ucf.edu>
- [282] URL Liophant Simulation Club, <http://www.liophant.org>
- [283] URL Maturana, F.P., e Norrie, D.H. (1995) "A generic mediator for multi-agent coordination in a distributed manufacturing system", <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/DME/Generic.html>
- [284] URL MISS Library, <http://www.ecst.csuchico.edu/~mcleod/bibliog/>
- [285] URL MISS CSUChico, <http://www.ecst.csuchico.edu/~mcleod/>
- [286] URL MSIAC, Modeling and Simulation Information Analysis Center, <http://www.msiac.dmsomil/>
- [287] URL, National Center for Simulation, <http://www.simulationinformation.com>
- [288] URL NIIIP (1996). The NIIIP Reference Architecture, <http://www.niiip.org>
- [289] URL Computer Science, Magdeburg University , <http://www.cs.uni-magdeburg.de>
- [290] URL SCS, <http://www.scs.org>
- [291] URL SISO, <http://www.sisostds.org>
- [292] URL Sun Microsystems, <http://java.sun.com>
- [293] URL UKSIM, "Introduction to the High Level Architecture", UK Simulation Interoperability, Working Group, <http://siwg.dera.gov.uk/hla/introduction>
- [294] URL VV&A, from DoD Department of Defense, http://neds.nebt.daps.mil/Directives/5200_40.pdf
- [295] URL WILD, <http://st.itim.unige.it/wild>
- [296] Valkenaers, P., Van Brussel, H., Bongaerts, L., and Wins, J. (1997) "Holonc manufacturing systems", *Integrated Computer Aided Engineering*, Vol. 4, No.3.
- [297] Vandaele N., L.De Boeck (2002) "Advanced Resource Planning", *12th International Conference on Flexible Automation & Intelligent Manufacturing*, Dresden, Germany;
- [298] Vernadat F.B. (1999) "Requirements for simulation tools in enterprise engineering" *15th International Conference on CAD/CAM, Robotics and Factories of the Future*. Auguas de Lindoia, SP, Brazil, august 18, 1999
- [299] Vollman, Berry, Whybark, "Manufacturing Planning and Control Systems"
- [300] Vollmann T.E., Berry W.L., Whybark D.C. (1997) "Manufacturing Planning and Control Systems", 4th edition; Mc Graw-Hill: New York
- [301] Walsh, Koumpis, "Introducing the concept of information supply chain: the Buddy project", *Logistics Information Management*, Vol. 11, n. 2, pp. 74-79
- [302] Watson H. J., Frolik M. N.; "A field study of methods for determining information requirements for an EIS"; *MIS Quarterly* 17, No. 3, September 1993.
- [303] Watts D.J. (1999) "Small Worlds", Princeton Univ Press, NJ
- [304] Wetherbe J. C., Vitalari N. P.; "Systems analysis and design: best practices", 4th edition; West Publishing: St Paul (MN), 1994.
- [305] Wilson, A. G. (1969) "The Use of Entropy Maximizing Models in the Theory of of Trip Distribution. Mode Split and Route Split", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 3 No. 1
- [306] Wisner, "A review of the order release policy research", *International Journal of Operations and Production Management* Vol. 15, n.6, pp. 25 – 40
- [307] Wooldridge, M., e Jennings, N.R. (1995) "Intelligent Agents: Theory and Practice", *The Knowledge Engineering Review*, Vol. 10, No.2.
- [308] Wu B. (1995) "Object-oriented system analysis and definition of manufacturing operations" *International Journal of production research*, vol. 33, n.4, pagg.955-974
- [309] Zeigler B. (1990) "Object-Oriented Simulation with Hierarchical Modular Models", Academic Press, Boston
- [310] Zhao, Xie, Zhang, "The impact of information sharing and ordering co-ordination in supply chain performance", *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol.7, n. 1, pp. 24-40