

# Approccio Olonico e Sistema Logistico-Produttivo Aziendale per i Mercati del XXI secolo

*Abstract:* L'impresa industriale deve oggi far fronte a problematiche di rapidità ed efficacia di gestione dei processi, in presenza di frequenti disturbi e cambiamenti negli ordini di produzione. La gestione della Supply Chain (SCM) deve tenere conto di queste tendenze e trovare un paradigma organizzativo-gestionale in grado di fornire all'azienda la richiesta agilità e capacità di sincronizzazione del sistema logistico-produttivo con le nuove caratteristiche dei mercati. Ne i sistemi gerarchici ne quelli eterarchici sono in grado di soddisfare questi requisiti, mancando della necessaria agilità i primi e della capacità di garantire la prevedibilità necessaria alla sincronizzazione i secondi. L'idea dell' *approccio olonico* (Koestler 1967), elaborata per descrivere alcune strutture diffuse nel mondo della natura, può essere applicata al mondo delle imprese come modello per descrivere una configurazione sistemica altamente flessibile, reattiva ed adattiva. Dopo avere presentato le caratteristiche peculiari dell'approccio olonico, attraverso l'analisi della letteratura italiana ed internazionale, considerando i requisiti fondamentali di efficacia degli odierni sistemi logistico-produttivi, si fornisce un quadro concettuale per l'implementazione di un "*Sistema di Produzione Olonico*" (SPO), evidenziando le caratteristiche che lo rendono potenzialmente più efficace di altri approcci per il sistema logistico-produttivo dell'azienda del XXI secolo.

Keywords: approccio olonico, architettura del sistema produttivo, supply chain management

Area tematica E: funzioni dell'azienda in generale

Indice: 1-Introduzione; 2-Approccio Olonico: concetti generali; 3- Requisiti di efficacia dei moderni sistemi di Supply Chain Management 4- Il Sistema di Produzione Olonico; 5-Conclusioni; 6-Bibliografia

## ***1.Introduzione***

La fine del secolo scorso ha visto l'evoluzione e l'affermazione di nuovi contesti tecnici, economici e sociali in cui le imprese si trovano oggi ad operare. Il modello rigido delle strutture di tipo Fordista-Taylorista, a partire dalla fine degli anni '70, si è rivelato non più universalmente applicabile. La produzione di massa, che aveva dimostrato di rispondere efficacemente a situazioni di stabilità e crescita costante, ha cominciato a mostrare i suoi punti deboli in contesti instabili e mutevoli. Il modello organizzativo gerarchico, alla base del sistema di produzione di massa, prevedeva infatti la costanza di fattori sociali (abbondanza di manodopera, omogeneità culturale) (Montgomery 1980), economici (costante crescita dei mercati, domanda indifferenziata, deboli turbolenze internazionali) e tecnologici (basso tasso di innovazione dei prodotti e dei processi). A partire dagli anni '80 il successo imprenditoriale e produttivo delle imprese manifatturiere nipponiche, specie in campo automobilistico, ha portato alla ribalta le filosofie gestionali e le tecniche produttive che sono state denominate "lean" o "snelle"<sup>1</sup>. Tuttavia, come previsto da Taichi

---

<sup>1</sup> Il termine "lean" fu creato a metà degli anni '80 da uno studente del master IMVP (International Motor Vehicle Program) del MIT: John Krafcik che aveva lavorato al NUMMI (jointventure tra Toyota e GM). Il termine fu poi introdotto nella terminologia manageriale da Womack, Jones e Roos nel libro "The Machine that Changed the World"

Ohno, creatore del Just In Time della Toyota, l'approccio snello si è rivelato difficilmente implementabile al di fuori dell'arcipelago Giapponese (Monden 1998), e comunque non sufficiente ad affrontare le sfide dell'arena competitiva del XXI secolo. La diffusione di Internet, a partire dagli anni '90, ha reso possibile l'utilizzo, da parte delle imprese, di una infrastruttura informativa planetaria a basso costo, che sta tutt'oggi favorendo radicali cambiamenti nel mercato. Questi cambiamenti, insieme alle trasformazioni di natura sociale che hanno contraddistinto la fine del secolo scorso, hanno portato agli attuali livelli di complessità dell'ambiente socio-economico, dunque dei mercati e delle catene di fornitura. L'aumento della complessità si identifica infatti con l'aumento della varietà, della mutevolezza e della non prevedibilità dei fenomeni che caratterizzano l'ambiente in cui opera l'impresa.

Le direttrici di crescita della complessità sono raggruppabili in tre categorie: economica, tecnica e socio-psicologica (Merli e Sacconi 1994). Della prima categoria fanno parte i fattori di cambiamento nell'ambito delle relazioni che coinvolgono gli attori economici come l'ampliamento della dimensione del business, i bassi tassi di crescita economica, gli elevati tassi di inflazione, la terziarizzazione e l'eterogeneità della domanda. Alla direttrice tecnica si riconducono le traiettorie di sviluppo tecnologico che generano complessità attraverso la rapida obsolescenza delle strutture hardware e software ed alla richiesta di tecnologie flessibili. La complessità socio-psicologica, infine, incide sulla sfera dei comportamenti sociali dell'individuo, ed in particolare, sui comportamenti del consumatore, che si evolve divenendo più esigente, più informato e più disponibile a fornire indicazioni per ottenere il prodotto che desidera e che deve essere fortemente differenziato. In questo scenario le modalità di previsione tradizionali sono rese inefficaci dal moltiplicarsi dei prodotti necessario a seguire le esigenze di mercati maturi e di consumatori il cui ruolo si è evoluto da "consumer" a "prosumer"<sup>2</sup>. La produzione di massa non permetteva la personalizzazione del prodotto ma offriva grandi volumi di beni standardizzati. Le mutate esigenze spingono oggi invece verso la produzione di beni personalizzati in grandi quantità; per soddisfare queste esigenze è necessario dotarsi di una struttura logistico-produttiva estremamente flessibile. Le esigenze dei consumatori sono cambiate anche sotto l'aspetto temporale: le innovazioni ed i tempi di introduzione nel mercato di nuovi prodotti si sono ridotti drasticamente. La necessità di rispondere in tempi rapidi all'aumento della complessità obbliga le imprese a mutare il proprio approccio competitivo e a sviluppare nuove capacità di interazione con altre imprese per meglio

---

del 1990, che raccolse i risultati di cinque anni di analisi e benchmarking dell'IMVP e delineò le caratteristiche principali dell'approccio lean giapponese in contrasto con la produzione di massa occidentale.

<sup>2</sup> Nel 1972 McLuhan e Nevitt nel libro "Take Today" suggerirono che con le tecnologie elettroniche il consumatore sarebbe divenuto produttore. Alcuni anni dopo nel 1980 il futurologo Alvin Toffler nel libro "The Third Wave" coniò il termine "prosumer", predicendo lo sfumare della distinzione di ruolo tra produttore e consumatore, causato dalla saturazione dei mercati di prodotti standardizzati, che avrebbe dato come unica possibilità di profitto la ricerca di livelli sempre più alti di differenziazione e personalizzazione dei prodotti.

servire i mercati. In questo contesto assumono, dunque, rilevanza cruciale i fattori “flessibilità” e “tempo”. La fabbrica del futuro dovrà essere in grado di:

- Reagire adeguatamente alle turbolenze nel proprio ambiente-mercato (nuovi prodotti, quantità impreviste di domanda di prodotti, ecc.);
- Sopravvivere ai cambiamenti dei processi produttivi (introduzione di nuove tecnologie);
- Reagire adeguatamente alle incertezze nel processo di produzione (difetti, ritardi, ecc.);

Né i sistemi gerarchici né quelli eterarchici (Dilts ed al. 1991) riescono ad adeguarsi a queste aspettative (Crowe e Stahlman 1995). I sistemi gerarchici hanno una struttura tipicamente rigida che impedisce loro di reagire alle turbolenze in maniera agile. I sistemi eterarchici sono network di elementi (spesso chiamati *agenti*) con obiettivi comuni in cui ciascun elemento condivide la stessa posizione “orizzontale” di potere ed autorità. Essi possono gestire bene le turbolenze e si possono adattare all’ambiente; tuttavia il controllo eterarchico non garantisce alti livelli di performance e comportamenti prevedibili, dunque, i sistemi eterarchici sono difficilmente utilizzabili nell’industria. Serve un sistema in grado di garantire performance e reattività al tempo stesso. La risposta a questa sfida sembra venire dalle teorie che, guardando agli organismi viventi e alle organizzazioni sociali, hanno fornito una interpretazione dell’impresa come sistema vivente. In realtà come nota Golinelli (Golinelli 2000, pp. 19 e seg.) le dottrine dei sistemi vitali non sono vere e proprie “teorie” poiché non costituiscono una disciplina strutturata e formalizzata, piuttosto rappresentano una filosofia di pensiero interdisciplinare in grado di dare vita ad un meta-modello utile come chiave di lettura di molteplici fenomeni di diversa natura, sia essa biologica, sociale o economica.

Gli approcci sistemico-vitali sono comunemente associati al pensiero *olistico*<sup>3</sup>. In comune con il paradigma olistico, quello sistemico-vitale ha senza dubbio il contrasto con la tradizione *analitico-riduzionista cartesiana*<sup>4</sup>, che si propone di spiegare i sistemi complessi spaccandoli nelle loro componenti e studiandone, indipendentemente, le proprietà. Entrambi poi non sono discipline scientifiche in se stesse, piuttosto fissano un approccio filosofico in cui viene osservato il principio di emergenza nell’applicare il metodo scientifico, utilizzando una metodologia ampiamente interdisciplinare e multidisciplinare. Ciò che contraddistingue l’approccio sistemico-vitale dal paradigma olistico (inteso in senso stretto) è il non rifiuto dello studio della parte, che viene comunque esaminata e valutata, nella considerazione che le caratteristiche di questa e, soprattutto, il sistema di relazioni con le altre parti, sono rilevanti per l’analisi della realtà come *unicum* integrato ed interagente di fenomeni.

---

<sup>3</sup> Il paradigma scientifico olistico enfatizza lo studio dei sistemi adattivi complessi (C.A.S.- Complex Adaptive Systems).

<sup>4</sup> Il metodo analitico-riduzionistico e la visione meccanicistica dell’universo ebbe origine dalle teorie di Copernico e Galileo nel XVI secolo ma trovano compimento nella matematica di Cartesio.

In questo quadro, a cavallo tra l'approccio olistico in senso lato e quello sistemico vitale, si colloca il paradigma *olonico* derivante dalle riflessioni di Arthur Koestler. Koestler (1967) osserva come i sistemi complessi possono nascere solo se consistono di sottosistemi stabili ed autonomi, capaci di sopravvivere alle turbolenze ma, allo stesso tempo, capaci di cooperare, al fine della formazione di un sistema più complesso. Il *sistema di produzione olonico* (SPO) implica una organizzazione altamente distribuita del sistema di produzione, dove l'intelligenza è ripartita tra entità individuali chiamate "*oloni*". Gli oloni sono moduli cooperativi, intelligenti ed autonomi che lavorano insieme in gerarchie temporanee chiamate "*olarchie*".

Nella prima parte del paper si definiscono i tratti principali dell'approccio olonico, attraverso l'analisi della letteratura italiana ed internazionale. Si prosegue poi, attraverso una disamina dei requisiti fondamentali di efficacia degli odierni sistemi logistico-produttivi, alla introduzione del "*Sistema di Produzione Olonico*" (SPO) come possibile soluzione per l'efficacia del sistema logistico-produttivo dell'azienda del XXI secolo.

## **2. Approccio Olonico: concetti generali**

L'idea di approccio olonico, cui si riferisce il presente studio, deriva dai principi postulati da Arthur Koestler nel suo libro "*The Ghost in the Machine*" del 1967. L'intuizione di Koestler è chiara: nell'analizzare l'universo, a livello sia biologico che fisico, dobbiamo tenere conto della relazione *intero/parte* tra gli "*enti*" oggetto di osservazione. Per comprendere il funzionamento del mondo non dobbiamo dunque limitarci a studiare atomi, molecole, cellule, individui o sistemi come entità autonome ed indipendenti ma bisogna sempre considerare che ciascuna di tali unità è simultaneamente un intero e parte di un intero più ampio: è un *olone*.

Il termine *olone* è una combinazione del greco "*ὅλος*", col significato di tutto con il suffisso "*ὄν*" che significa entità<sup>5</sup> o parte (come in *protone* o *neurone*); dunque il *tutto* è formato da *parti* che, a differenza degli atomi, sono anche *entità*. Per Koestler, l'olone si intende come un *intero* che è parte di un più ampio *tutto* e che comprende, simultaneamente, gli elementi o sottoparti, che lo costituiscono e gli attribuiscono il significato strutturale e funzionale. Gli oloni agiscono come entità autonome e, allo stesso tempo, cooperano alla formazione di gerarchie (chiamate *olarchie*), apparentemente auto-realizzanti, di sistemi e sottosistemi. Una *olarchia* può essere dunque definita come: una gerarchia di oloni auto-regolanti che funzionano come interi autonomi sopra ordinati rispetto alle proprie parti o come parti dipendenti in subordinazione al controllo dei livelli superiori e comunque sempre coordinati con il proprio ambiente. Mella (2005) sottolinea che l'olone non

---

<sup>5</sup> ὅλος *m*, ὅλη *f*, ὅλον *n*; = *tutto, intero, perfetto, completo*; ὄν, genere neutro di ὄν (participio del verbo εἶμι = essere) = entità, essere, creatura;

corrisponde ad alcuna struttura osservata o ipotizzata, esso non è la struttura ma è della struttura quale centro di relazioni con altre strutture componenti (sotto ordinate) e composte (sopra ordinate) come mostra lo schema seguente:

*Figura 1 Oloni e olarchia*



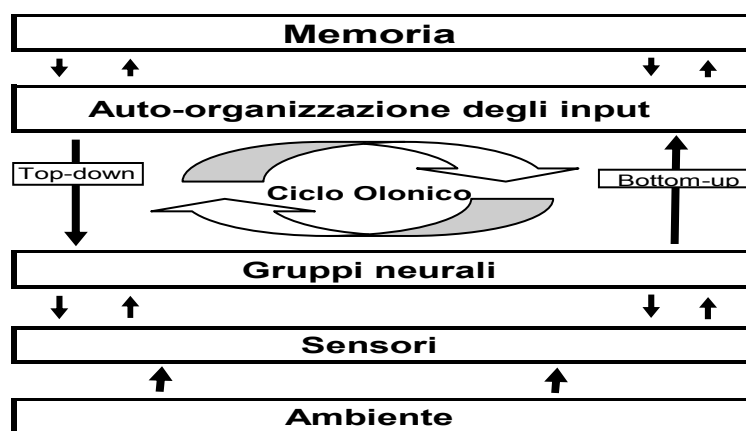
Nell'interpretazione operativa dell'olone, adottata nelle scienze biologiche e ingegneristiche<sup>6</sup>, esso rappresenta un'operazione (o un operatore) di elaborazione contraddistinta da propri input ed output. In questa accezione l'olone può essere un soggetto biologico, un macchinario oppure un'organizzazione. Gli oloni del medesimo livello, attraverso i propri processi, elaborano elementi o informazioni, provenienti dagli oloni di livello inferiore, e trasferiscono i risultati a quelli di livello superiore per ulteriori elaborazioni. I processi degli oloni di livello "n" sono originati dai processi degli oloni subordinati "n-1" e configurano quelli degli oloni super ordinati "n+1" (Mesarovic ed al., 1970).

Il sistema olonico può dunque essere definito come: *un'entità globale ed organizzata di interrelazioni tra unità operative ad alto livello di autoregolazione e capaci di cooperare tra loro, mantenendo la propria autonomia, in vista di risultati condivisi e finalità comuni* (Saccani 1996<sup>[1]</sup>). Per meglio comprendere il funzionamento del sistema olonico è possibile riferirsi ad esempi presenti in natura, tra questi la *Physalia* ed il cervello umano. La *Physalia*, meglio nota come "caravella portoghese", è simile ad una medusa, ma è costituita da una colonia composta da centinaia di animali, denominati idrozoi, contenuti in una particolare calotta che li mantiene a galla. Essa galleggia sospinta dal vento ad un'angolazione dipendente dalla curvatura della parte emersa e dalla resistenza della parte sommersa. Se consideriamo come un "olone" ogni idrozo della *Physalia* (McHugh, Merli e Wheeler, 1995) possiamo comprendere meglio il funzionamento di questa creatura. Ogni olone ha un proprio compito: alcuni (i dattilozoidi che formano i tentacoli) devono catturare il cibo, altri (i gastrozoidi) devono lo devono metabolizzare, altri ancora (i gonozoidi) si devono occupare della riproduzione. Gli oloni-idrozoi comunicano fra loro attraverso il sistema nervoso. Il compito di far circolare ed elaborare le informazioni è svolto dal sistema

<sup>6</sup> Esistono altre interpretazioni del concetto di olone a seconda del livello di osservazione: l'interpretazione modulare e l'interpretazione cognitiva trattate nel presente lavoro; descritte da Mella (op.cit. 2005).

nervoso ed in particolare dal cervello, il quale consente il coordinamento di tutte le attività dando vita, da un insieme di entità, ad un organismo unitario, guidato da un organo particolare. Ogni mansione viene eseguita da un certo numero di oloni-idrozoi e, anche se sono in competizione tra loro, il successo di ciascuno dipende dalla buona riuscita dei compiti degli altri. La Physalia non reagisce all'attività del singolo olone-idrozoo ma alle situazioni che riguardano tutto o la maggior parte del sistema, come la cattura di un pesce per cibarsi o l'interazione con la forza del vento che le permette di spostarsi. Grazie al coordinamento di ogni entità del sistema, la Physalia riesce ad agire come un unico organismo, anziché come una colonia di idrozoi. L'esempio della Physalia aiuta ad intendere come un sistema olonico possa essere in grado di portare a termine funzioni vitali grazie al coordinamento ed alla implementazione dei continui cambiamenti indispensabili per la sua sopravvivenza. Anche l'analogia con il cervello umano è utile per descrivere il funzionamento del sistema olonico (Saccani 1996[1]). La struttura del cervello è stratificata in molteplici livelli, ognuno dei quali è costituito da reti di unità elementari (neuroni). L'elaborazione delle informazioni è svolta attraverso il sistema delle interconnessioni tra i vari livelli della struttura. Ogni gruppo di neuroni è specializzato per trattare tipi diversi di informazioni e svolgere particolari funzioni, in modo relativamente indipendente dai neuroni circostanti. Il cervello è anche un sistema aperto, in continua interazione con l'ambiente e, come tale, possiede sistemi di feedback e feed forward per la regolazione degli scambi con l'esterno, che assicura il mantenimento delle prestazioni entro gli standard predefiniti. A differenza di altri sistemi aperti, il cervello umano non ha un sistema predefinito che fissa il valore dei parametri operativi su cui si basa la regolazione; esso aggiorna in maniera continua i propri parametri per rispondere ai cambiamenti ambientali. Il suo funzionamento può essere riassunto secondo il seguente schema:

*Figura 2- Processi cerebrali*



Fonte: Adattamento da Saccani 1996[1], op.cit.

Il fine del processo percettivo è di elaborare una soluzione al problema presentatosi in base allo stimolo ricevuto dall'ambiente. I moduli sensoriali che ricevono lo stimolo trasmettono inizialmente

le informazioni ai gruppi neurali preordinati al riconoscimento di tale stimolo e, successivamente, a quelli deputati a predisporre e dirigere l'azione. A questo punto ha inizio la fase di trasformazione della percezione in azione ovvero il *ciclo olonico* (Shimuzu, Yamaguchi e Sato, 1988); le informazioni percepite dai sensori sono trasmesse a tutti i moduli che si auto-organizzano per elaborare ipotesi di risposta allo stimolo. Ogni possibile azione viene messa a confronto con gli schemi comportamentali esistenti in memoria (bottom-up); una volta ponderata l'azione giusta da eseguire, il messaggio viene trasmesso a tutte le parti del cervello che controllano le funzioni motorie e che devono attivare l'azione indicata (top-down). Il processo decisionale viene attivato dagli stimoli provenienti dall'esterno ma la soluzione di reazione a questi stimoli viene presa grazie alle informazioni presenti in memoria, maggiore è dunque il contenuto di informazioni in essa presenti, più efficace e rapida sarà l'azione del cervello.

L'analogia tra impresa e cervello mette in evidenza i principi organizzativi della struttura e della rete di processi che, dinnanzi a stimoli provenienti dall'ambiente, ingenerano in un sistema capacità di accumulazione di conoscenza, flessibilità (Beer 1972; Arbib 1989) e rapidità di risposta. Queste capacità del cervello umano sono auspicabili anche nell'impresa, al fine di rispondere in maniera adeguata alla complessità dell'ambiente in cui essa opera.

Una volta chiarito con le due analogie presenti in natura il funzionamento generale di un sistema olonico ci è possibile delinearne le caratteristiche principali, che sono (Saccani 1995 [1]):

- Il sistema di valori condivisi;
- Il sistema informativo a rete distribuita;
- La gerarchia autonoma distribuita.

Il *sistema di valori condivisi* ha la funzione di rendere possibile l'interazione, spontanea e continua, tra gruppi di persone distanti tra loro e non legate da vincoli giuridici, allo scopo di permettere lo sfruttamento dei vantaggi di cooperazione che favoriscono la stabilità del sistema. I valori condivisi sono contraddistinti dalla unione di intenti nell'organizzazione, ne sono esempi alcuni degli elementi della produzione snella come il miglioramento continuo (o kaizen) e l'orientamento al lavoro in squadra che sono spesso espressi in maniera esplicita nella vision e nella mission aziendale. Ciò che contraddistingue l'approccio olonico da quello snello è, in questa accezione, la più marcata focalizzazione sulla capacità di apprendimento dell'individuo.

Il *sistema informativo a rete distribuita* è il sub-sistema neurale (Arbib 1995) che supporta le unità operative nel distribuire, in tempo reale, le informazioni utili all'ottenimento del massimo rendimento dalle opportunità di affari che si prospettano. Esso può operare grazie ad infrastrutture opportunamente create per garantire il rapido collegamento fra le parti. Per garantire questa rapidità, la struttura deve essere compatibile con l'interfaccia del sistema di rete, così da permettere la

comunicazione, grazie a software appositamente creati per favorire l'abbattimento degli ostacoli di trasmissione e ricezione delle informazioni.

La *gerarchia autonoma distribuita* consiste nella capacità, di ciascuno dei possibili centri decisionali, di assumere il comando in qualsiasi momento a seconda delle diverse sollecitazioni che provocano perturbazioni nell'ambiente di riferimento. Ogni attività è in grado di interagire con ognuna delle altre direttamente in modo non mediato. In un sistema olonico tutti gli oloni hanno la stessa importanza e si accollano le stesse responsabilità; il coinvolgimento di un olone come unità operativa è indicato dalle conoscenze e dalle competenze possedute e non da un ruolo di leadership predefinito all'origine.

Saccani definisce il sistema olonico come: "...una struttura organizzativa che presenta i lineamenti della coalizione tra sottounità costitutive di imprese (o parti di esse) che agiscono a diversi livelli lungo una catena di business." (Saccani 1996[1], pag. 33). Il sistema olonico presenta i caratteri della comunità tra imprese come il distretto industriale, la supply chain, il gruppo o il keiretsu<sup>7</sup> giapponese ed altre forme di raggruppamenti di imprese. Occorre dunque evidenziare cosa distingue il sistema olonico da queste altre forme di aggregazione. Rispetto al distretto industriale l'elemento che maggiormente contraddistingue il sistema olonico è l'assenza di confini geografici, le relazioni su cui esso si basa non hanno infatti limitazioni nello spazio come invece avviene per i distretti industriali (nella connotazione classica di distretto marshalliano)<sup>8</sup>. In confronto alla supply chain l'elemento distintivo del sistema olonico è, invece, l'organizzazione. Il sistema olonico genera olarchie temporanee, basate su criteri dettati dall'ambiente, all'interno di infrastrutture che consentono l'efficacia e la coordinazione dell'azione, la supply chain invece non possiede infrastrutture ben definite e si basa su gerarchie durevoli dettate dalla posizione nella catena di fornitura. Anche il concetto di "gruppo di imprese" differisce da quello di sistema olonico, i confini del sistema olonico non sono infatti definiti da forme giuridiche o da partecipazioni nel capitale di rischio. Più sottile è invece la distinzione tra sistema olonico e keiretsu, questo infatti, a differenza del gruppo di imprese, non esiste in virtù di legami giuridici o finanziari<sup>9</sup>, ma di legami di natura sociale ed imprenditoriale. La differenza con questo tipo di aggregazione tra imprese si può tuttavia rintracciare nella non flessibilità delle gerarchie al suo interno, a differenza delle olarchie del

---

<sup>7</sup> Il *keiretsu* è la forma atipica di gruppo di imprese caratteristica del sistema industriale nipponico. Keiretsu letteralmente tradotto significa: "linea di connessioni" e si definisce come un gruppo di società con un set di relazioni e legami (di natura imprenditoriale e personale ma non necessariamente finanziaria) che attraverso una gerarchia preordinata esprime una volontà comune di operare attraverso la solidarietà reciproca e la combinazione delle risorse.

<sup>8</sup> L'elemento della prossimità geografica viene attenuato invece dall'approccio "funzionale" dei distretti industriali. Cfr. Sylos Labini 2005

<sup>9</sup> Ciò ha portato alcuni ricercatori americani ad arrivare a negare l'esistenza dei keiretsu perchè non finanziariamente e giuridicamente provata. Si veda Miwa e Ramseyer, 2002.



sistema olonico infatti i ruoli gerarchici all'interno del keiretsu sono predefiniti e non mutano rapidamente.

La forza del sistema olonico risiede dunque nel concetto di olarchia che permette la costruzione di sistemi estremamente complessi che sono nondimeno efficienti nell'uso di risorse, altamente resilienti ai disturbi (sia interni che esterni) ed adattabili ai cambiamenti nell'ambiente in cui si trovano. All'interno dell'olarchia, gli oloni possono dinamicamente creare e cambiare le gerarchie e partecipare a diverse gerarchie allo stesso tempo; questo come vedremo rende il sistema olonico un modello altamente performante in ambienti turbolenti come quelli dei mercati odierni.

### ***3. Requisiti di efficacia dei moderni sistemi di Supply Chain Management.***

Fino alla fine degli anni '80 la complessità dell'ambiente competitivo permetteva alle imprese di guadagnarsi uno posto stabile nel mercato seguendo politiche fortemente focalizzate su una delle leve competitive individuate dalla dirigenza (prezzo, qualità, comunicazione, costo, innovazione, servizio, ecc.). L'odierno drastico aumento della complessità ambientale ha obbligato le imprese a mutare il proprio approccio competitivo ed a ricercare nuovi paradigmi di riferimento.

Le imprese manifatturiere si sono infatti trovate di fronte a cambiamenti rivoluzionari, portati dalle sempre crescenti capacità delle tecnologie informatiche, che hanno ridotto le distanze ed abbattuto i confini tra i mercati e hanno fornito al management strumenti efficacissimi di pianificazione e controllo, design, e assistenza alla clientela. Mentre ciò accadeva, la struttura delle grandi multinazionali cominciava a disgregarsi verso forme reticolari; a causa delle pressioni competitive, le grandi imprese hanno infatti preferito dedicarsi al proprio *core business* esternalizzando tutto il resto. Inoltre, le pressioni da parte dei mercati regionali hanno spinto le imprese a riorganizzarsi e a creare, produrre e distribuire beni e servizi per le singole aree geo-culturali. Il risultato di ciò è stato il crescere delle catene di fornitura e la dipendenza delle imprese da queste.

Nel nuovo paradigma le sole tecnologie non sono sufficienti al fine dell'ottenimento di superiori performance di sistema, ma devono essere integrate con strutture organizzative adeguate. I limiti dei sistemi a struttura gerarchica possono essere riassunti nei seguenti:

- impongono pesanti limitazioni alla capacità di riconfigurazione, alla affidabilità ed alla capacità di espansione (Gou, Luh e Kyoya, 1998; Duffie e Piper, 1987);
- la complessità del sistema gerarchico cresce rapidamente al crescere delle dimensioni (Hatvany, 1985);
- la comunicazione tra i diversi elementi del sistema è strettamente definita e limitata verticalmente (Van Brussel ed al., 1999);

- i moduli della struttura non possono prendere alcuna iniziativa rendendo il sistema più sensibile alle perturbazioni e meno pronto a reagire;
- la struttura del sistema è costosa da sviluppare e da mantenere;
- L'agilità del sistema è bassa (Valckenaers ed al., 1994).

La letteratura internazionale riporta diverse tendenze a cui il sistema logistico-produttivo aziendale si è dovuto e si dovrà adattare (Frederix, 2004; Gou, Luh e Kyoya, 1998; Nagel e Dove, 1991; Suda 1989 e 1990):

- Il sistema produttivo sta attraversando un periodo di cambiamento di paradigma dalla produzione di massa alla produzione “*semi-personalizzata*” allo scopo di incontrare le crescenti differenziazioni della domanda;
- La tendenza a “*fare in casa*” è gradualmente cambiata verso una apertura alla *collaborazione* con altri soggetti finalizzata alla velocizzazione dei processi di sviluppo del prodotto e di produzione;
- L'effettiva ed efficace *capacità di cooperazione* diventa un fattore critico per il successo dell'impresa all'interno dei network; il controllo centralizzato da parte di diverse entità con differenti informazioni, esperienze, autorità decisionali e obiettivi è quasi impossibile. La cooperazione efficace ed efficiente è divenuta una sfida chiave per quelle organizzazioni che vogliono prosperare in mercati sempre più competitivi.

La struttura tradizionale con una gerarchia ed un sistema di controllo rigidi e verticali, deve essere sostituita da una struttura più agile con meno livelli e con autorità distribuita (Drucker 1988). Le supply chain tradizionali iniziano dal primo fornitore e terminano con la vendita del prodotto e l'eventuale servizio post-vendita espandendo il vecchio concetto di logistica, come funzione di mero trasporto e distribuzione, con l'integrazione, sia intra-aziendale che inter-aziendale, di tutte le funzioni coinvolte nel processo di trasformazione. La visione tradizionale si basa, dunque, sulla massimizzazione dell'efficienza; il raggiungimento dell'efficienza è tuttavia condizione necessaria ma non sufficiente per consentire all'impresa di affermarsi in mercati dinamici e complessi come quelli odierni. Per competere le supply chain devono essere (Lee, 2004):

- “*agili*”, cioè capaci di rispondere ai cambiamenti nel breve periodo della domanda o dell'offerta e di gestire agevolmente le turbolenze dell'ambiente esterno;
- “*adattabili*”, in grado di aggiustare la propria struttura per andare incontro ai cambiamenti dei mercati, dunque capaci di modificare la struttura dei network della supply chain in funzione di strategie, tecnologie e/o prodotti;
- “*allineate*”, mediante un sistema di incentivi uniforme, finalizzato e costante per il raggiungimento di obiettivi comuni.

Il servizio rivolto al cliente si è rivelato essere uno dei principali fattori di successo tanto da potere definire la catena di “fornitura” non più come “*supply*” chain ma come “*demand*” chain (Blackwell, 1999), cioè catena di “domanda”, poiché la domanda ne è il punto di partenza e non di arrivo come nella concezione tradizionale.

La nuova generazione di sistemi di SCM dovrà essere in grado di far fronte alla crescente complessità della catena di fornitura sotto diversi aspetti come riassume la tabella seguente:

*Tabella 1. Le caratteristiche del SCM del XXI secolo.*

	<b>Prassi dominante oggi</b>	<b>Prassi necessaria per il SCM evoluto</b>
<b>Scopo Strategico del SCM</b>	Attenzione all'organizzazione interna	attenzione estesa a clienti e fornitori
<b>Contenuto strategico del SCM</b>	Attenzione all'eccellenza funzionale ed alla sua misura in termini di costi di produzione e di acquisto unitari	Le strategie funzionali vengono integrate come parte della strategia complessiva della supply chain, per il miglioramento in termini di costi di SCM, lead-time, percentuale di consegne "on-time, ecc.
<b>Influenza del SCM sulla strategia di corporate</b>	La strategia di supply chain è incentrata su obiettivi di performance	Le capacità e gli obiettivi del SCM sono allineati con quelli di marketing con attenzione alla costruzione di brand equity attraverso un forte trade marketing
<b>Orientamento al cliente del SCM</b>	L'orientamento al cliente avviene mediante la segmentazione del mercato	La supply chain deve tenere conto dell'esigenze del cliente-prosumer ed essere in grado di sfruttare la diffusione capillare delle nuove tecnologie digitali per mantenere contatti con i clienti e migliorare il livello di servizio
<b>Modelli di SCM</b>	Un solo modello dominante con approcci alternativi a seconda delle varie eccezioni rispetto al paradigma dominante	Si sviluppano diversi modelli di supply chain a seconda delle tipologie di clienti e di fornitori
<b>Protezione delle informazioni</b>	La protezione delle informazioni è effettuata solo per le componenti strategiche e solo verso l'esterno della supply chain	E' necessario assicurare la protezione delle informazioni all'interno della supply chain poiché molti dei componenti di questa sono anche competitors (coopetizione) <sup>10</sup>

### ***3. Il Sistema di Produzione Olonico.***

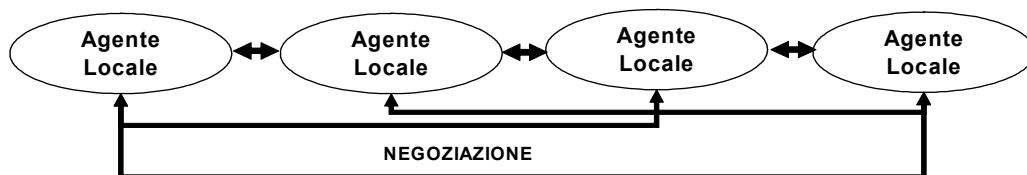
L'approccio analitico-riduzionistico applicato alla economia aziendale studia le aziende quali singole organizzazioni, collegate tra loro e con l'ambiente attraverso una rete di scambi, e presume che tutta l'attività di produzione sia realizzata da aziende che, autonomamente, attraverso processi

<sup>10</sup> La *co-opetizione* (co-opetition) è un neologismo coniato per descrivere la “competizione collaborativa”; diversamente dagli accordi limitative della concorrenza (come i cartelli), la co-opetizione pone l'attenzione sulla cooperazione tra imprese in mercati non perfettamente competitive. Cfr. Brandenburger e Nalebuff 1996.

programmati, trasformano le risorse in prodotti per soddisfare i bisogni del mercato (Mella 2004). Nella visione olonica del sistema produttivo ogni azienda è un olone, caratterizzato da una propria struttura e autonomia decisionale, appartenente ad una olarchia che ne fissa lo scopo in modo funzionale al raggiungimento del fine dell'azienda: la soddisfazione del cliente. Alla fine degli anni '80, epoca del tramonto della "bubble economy" giapponese<sup>11</sup>, per opporsi all'incalzante concorrenza statunitense ed europea, due delle maggiori multinazionali nipponiche: Toshiba e Hitachi iniziarono a promuovere studi per trovare un nuovo sistema di produzione in grado di affrontare le sfide dei mercati del XXI secolo. Tra il 1992 ed il 1994 le due multinazionali, associatesi in un consorzio sotto l'egida dell'IMS Promotion Center giapponese, finanziarono uno studio di 15 mesi per identificare i limiti dei sistemi di produzione esistenti ed i fattori critici di successo per quelli del futuro prossimo. Dal progetto è emerso un modello organizzativo denominato "Sistema Produttivo Autonomo Distribuito". Tale sistema, di tipo reticolare e caratterizzato da elevata mobilità e intelligenza decentrata, ma allo stesso tempo dalla capacità di agire come un'unica entità governata da un organo centrale, altro non è che il prototipo di un sistema olonico.

La capacità di promuovere continui miglioramenti attraverso continui cambiamenti sembra appartenere ai requisiti dei sistemi eterarchici, la cui architettura del controllo è mostrata dalla figura 3

Figura 3. Architettura del controllo eterarchico.



Nei sistemi eterarchici ogni gerarchia è proibita al fine di dare pieni poteri ai singoli "agenti"<sup>12</sup> del sistema. Per agente si intende, in generale, una entità che interagisce con il suo ambiente secondo le sue peculiari proprietà e finalità. Nel campo dell'*Intelligenza Artificiale* il termine "agente intelligente" è usato per definire, in un sistema, gli attori intelligenti che osservano ed agiscono in un ambiente come entità capaci di percezione e comportamenti finalizzati ad uno scopo ed aventi le seguenti caratteristiche (Moyaux, Chaib-draa e D'Amours 2006):

- *Autonomia*: operano senza l'intervento di entità sovra-ordinate;

<sup>11</sup> La "bubble economy" è il periodo della storia economica del Giappone che va dai primi anni '60 alla fine degli anni '80 del XX secolo. Caratterizzato da crescite del PIL dell'ordine del 4-10% annui, si conclude a causa del crollo delle aspettative di crescita economica, dovuta agli alti livelli di speculazione che avevano fatto crollare la fiducia nella Borsa e nel mercato immobiliare.

<sup>12</sup> La maggior parte dei sistemi basati sugli agenti sono di tipo eterarchico. Come vedremo in seguito esistono però sistemi basati sugli agenti che non adottano tale modello di controllo.

- *Abilità sociale*: interagiscono con altri agenti;
- *Reattività*: percepiscono l'ambiente e rispondono in modo tempestivo ai cambiamenti che in esso avvengono;
- *Pro-attività*: sono in grado di manifestare comportamenti diretti al raggiungimento di obiettivi prendendo iniziative al riguardo.

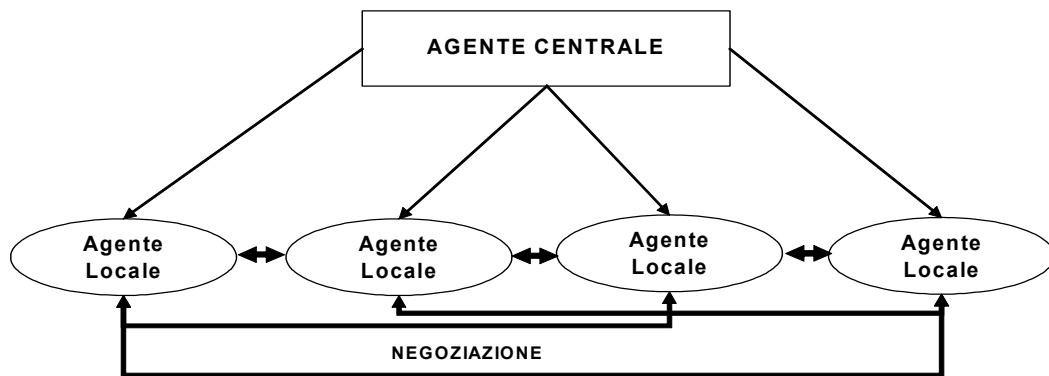
Un sistema di produzione eterarchico consiste, ad esempio, nel rapporto tra stazione di lavoro e ordini di fornitura (Van Brussel ed al. 1999). Ogni ordine contratta direttamente con la stazione di lavoro, affinché essa svolga il compito usando tutte le possibili alternative per far fronte a situazioni impreviste nella domanda (nuovi prodotti, picchi di domanda, ecc.) o nell'offerta (nuove tecnologie, difetti di produzione, ecc.). In questo modo è possibile reagire adeguatamente ai cambiamenti nell'ambiente. Nonostante i sistemi eterarchici siano estremamente agili, essi non sono però adatti ad operare seguendo piani predefiniti, pertanto, il loro comportamento è difficilmente prevedibile, ciò risultando in variabilità del sistema. Le strutture eterarchiche funzionano bene in ambienti poco complessi e omogenei con abbondanti risorse (Valckenaers ed al. 1994), mentre in ambienti complessi, a causa della loro imprevedibilità, possono portare a situazioni di instabilità in cui, a turbative minori dell'ambiente, essi rispondono con grandi scompensi nel sistema. Inoltre, in presenza di scarsità di risorse, essi non sono in grado di agire in maniera efficiente a causa della mancanza di programmazione.

La recente concezione di “produzione basata sugli agenti”<sup>13</sup> si fonda su un'evoluzione del concetto di agente intelligente chiamata Distributed Artificial Intelligence (Intelligenza Artificiale Distribuita) o DAI. I DAI sono agenti distribuiti, sofisticati e razionanti che cooperano con gli altri per la soluzione di problemi. Se applicato alla produzione un DAI è un software che rappresenta un elemento fisico del sistema produttivo come un prodotto od una macchina (Gou, Luh e Kyoya, 1998). Esso è assimilabile ad un olone poiché ha sia proprietà di autonomia che capacità cooperativa, ma non è indipendente come un agente convenzionale, bensì è un tassello integrante ed integrato del sistema cui appartiene e di cui condivide le finalità. La ricerca sui sistemi basati sugli agenti si è spostata da strutture puramente eterarchiche alle cosiddette strutture “quasi-eterarchiche” o olarchie in cui gli agenti-oloni possono formare gerarchie ed aggiustare i propri comportamenti a seconda delle informazioni che ad essi pervengono (Crowe e Stahlman 1995; Maturana e Norrie 1996). La figura 4 mostra un esempio di architettura *quasi-eterarchica*.

---

<sup>13</sup> Agent-based Manufacturing

Figura 4. Architettura quasi-eterarchica in un sistema DAI.

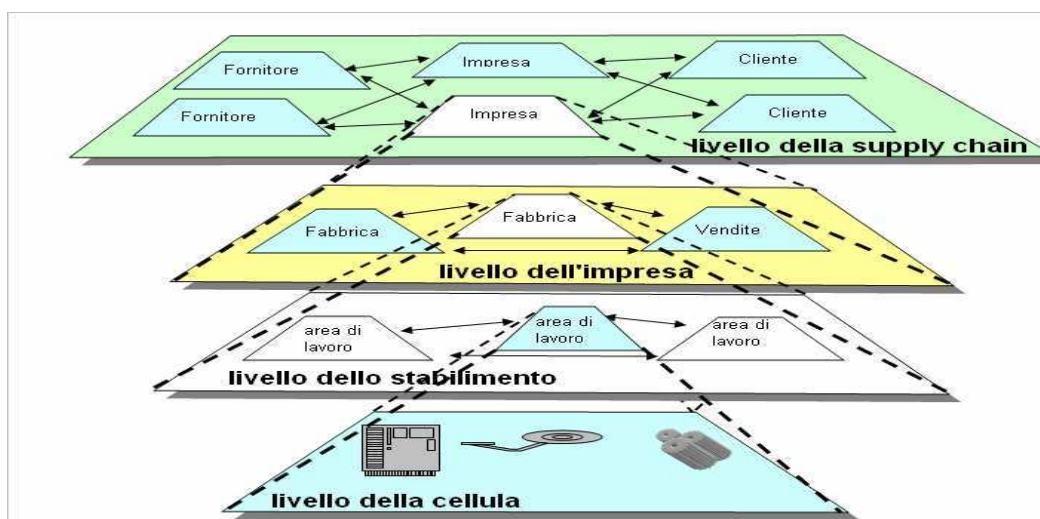


Ulteriori passi avanti nel campo dell'intelligenza artificiale e dei sistemi basati sugli agenti hanno portato allo sviluppo dei sistemi multi-agenti (multi-agent systems o MAS). Il MAS pone l'attenzione sulla coordinazione di comportamenti intelligenti all'interno di un gruppo di agenti autonomi, analizza i comportamenti individuali da cui consegue il comportamento del sistema (Shen e Norie 1999), al fine di creare sistemi software per la gestione delle complesse interazioni tra componenti autonomi e distribuiti.

La volontà di applicare questa visione per l'implementazione di moderni ed agili sistemi produttivi è stata il motore degli sviluppi, nei campi dell'architettura dei sistemi di produzione, che hanno portato alla elaborazione del Sistema di Produzione Olonico (SPO). Il SPO si pone come una valida alternativa alle architetture tradizionali dei sistemi di produzione che hanno una bassa capacità di adattarsi e reagire ai cambiamenti dinamici dell'ambiente-mercato. Un SPO è composto di unità produttive funzionali chiamate oloni che sono caratterizzate simultaneamente da autonomia e capacità cooperativa. Vi è una stretta relazione tra oloni e agenti poiché un olone può essere descritto come un gruppo di agenti che insieme soddisfano una certa funzionalità del sistema. Una analisi del sistema basata sui principi dell'approccio olonico suggerisce l'implementazione di un software distribuito composto da entità autonome che agiscono in maniera cooperativa come mattoni della struttura; il paradigma dei MAS sembra essere il più adatto a questo scopo.

Gli oloni possono essere rappresentati come agenti nidificati che definiscono vari livelli di risoluzione all'interno del sistema (Ulieru e Cobzaru, 2005). L'impresa olonica può anche essere vista come un ecosistema informativo composto da oloni collaborativi ed autonomi (Ulieru, Walker e Brennan, 2001). La figura 5 descrive la struttura di una olarchia produttiva scomposta nei vari livelli:

Figura 5. Livelli di produzione olonica in una olarchia.



Ogni elemento della figura rappresenta un olone (area di lavoro-cellula, fabbrica-stabilimento, impresa). Nel livello superiore, quello della supply chain, avviene l'interazione tra le imprese ed i propri fornitori e clienti. Rispetto a ciascuna delle imprese del livello della supply chain, possiamo determinare un sotto-sistema che è il livello dell'impresa in cui troviamo la cooperazione tra entità, solitamente separate, quali le vendite e gli stabilimenti di produzione. All'interno di ciascuna fabbrica possiamo identificare diverse aree, o cellule di lavoro, le relazioni tra le quali avvengono nel livello dello stabilimento in cui avviene il controllo del ciclo di produzione. Ogni cellula di lavoro rappresenta il livello di base dell'olarchia descritta e modella le interazioni tra gli oloni di base che sono composti di macchine ed uomini. Il concetto di cooperazione tra lavoratori ed e macchine è uno degli assi portanti della produzione snella. Il controllo di queste interazioni implica la responsabilizzazione del lavoratore che verifica il volume, la qualità e, in alcuni casi, anche la performance finanziaria (Heiko 1991). L'“Autonomazione” (o *Jidoka* in giapponese) è uno dei pilastri del sistema di produzione Toyota su cui la lean production è modellata. Il termine “Jidoka” in giapponese ha due diversi significati poiché può essere scritto con diversi ideogrammi (*kanji*)<sup>14</sup>:

- 自動化 : con il significato di processo meccanico automatico;
- 自働化 : con il significato di autocontrollo dei difetti effettuato da una macchina ma con l'aiuto di una mente umana.

La parola *Jidoka* è dunque composta di tre ideogrammi giapponesi (*kanji*) 自 – 働 – 化. A seconda dell'ideogramma centrale (働 invece di 働) cambia il significato della parola e così da “automazione” (自 働 化) si passa ad “autonomazione” (自 働 化). Il termine autonomazione

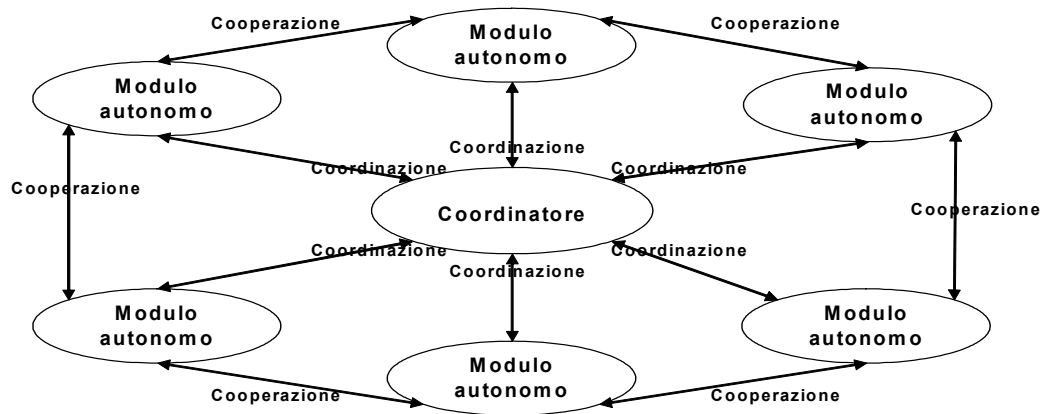
<sup>14</sup> I “Kanji” sono gli ideogrammi giapponesi importati dalla Cina tra il terzo ed il quarto secolo d.c. Un ideogramma (*kanji*) in giapponese può avere diversa pronuncia (Cinese o Giapponese) ma lo stesso significato, molte parole giapponesi con la medesima pronuncia possono essere scritte con diversi *kanji* a seconda del significato. Ogni *kanji* ha un suo significato ma le parole possono essere formate dall'unione di più *kanji*.

(*autonomation* in inglese) è stato coniato per dare il significato di “*automazione con un elemento umano*” che è il significato dato in giapponese dal kanji DO ( 働 ) che significa “essere umano”. Jidoka vuol dire, dunque, aggiungere un elemento umano di giudizio al equipaggiamento automatizzato, responsabilizzandolo ed al tempo stesso dandogli autonomia decisionale. Con l’automazione, l’olone uomo-macchina diventa capace di discernere circa la qualità, la responsabilità del controllo viene distribuita ed il processo automatizzato diventa più intelligente, quindi più affidabile. La capacità di riconfigurazione e di controllo del sistema passa dunque anche attraverso l’interazione uomo-macchina.

Anche all’interno di sistemi logistico-produttivi ad architettura tradizionale, grazie all’implementazione della lean production, è possibile conseguire consistenti riduzioni del lead-time dunque dei tempi di risposta della singola azienda agli stimoli ambientali. Ciò nondimeno, ad un attento esame emerge che, se invece di considerare l’azienda come entità a se stante (come prassi dell’approccio analitico-riduzionistico), la si considera all’interno della supply chain nella sua interezza, allora i problemi di comunicazione e di determinazione delle finalità possono rendere nulli i benefici ottenuti con l’applicazione della lean production all’interno delle singole aziende. Occorre dunque far si che l’architettura del sistema sia in grado di supportare efficienti sistemi di comunicazione e coordinazione inter-aziendale al fine di ridurre i tempi di elaborazione e trasmissione delle informazioni e, conseguentemente, i tempi di attraversamento della catena di fornitura. In un sistema olonico qualunque informazione utile agli elementi dell’azienda viene trasferita e messa a disposizione in tempi brevi; ciò grazie all’apertura del sistema ed al suo alto livello di interazione sia con l’ambiente sia internamente tra le componenti del sistema.

I sistemi di produzione olonici, come già accennato, derivano la loro architettura dal modello del sistema autonomo distribuito (fig. 6), essendo il controllo delegato alle singole unità periferiche, ma con un meccanismo di coordinamento tra di esse che agisce attraverso la cooperazione.

Figura 6. Architettura di un sistema autonomo distribuito.





Per ottenere la coordinazione e la cooperazione all'interno del sistema è indispensabile l'esistenza di un obiettivo comune che sia in grado di indurre i diversi elementi del sistema ad unirsi ancora prima del manifestarsi di una immediata necessità. Questo può essere ottenuto anche mediante di politiche di comunicazione organizzativa che, attraverso strumenti come la vision e la mission aziendali, infondono nella componente umana dell'olarchia il senso di appartenenza e di equifinalità<sup>15</sup> del sistema. Grazie all'approccio olonico l'implementazione di un sistema logistico-produttivo agile ed adattabile sembra essere possibile.

## **5. Conclusioni**

La combinazione degli aspetti migliori dei sistemi di controllo gerarchico ed eterarchico è stata lo stimolo degli studi sul sistema di produzione olonico. Esso infatti si propone di combinare gli alti e prevedibili livelli di performance del sistema gerarchico con la resilienza<sup>16</sup> dei sistemi eterarchici. Gli studi sull'intelligenza artificiale si sono rivelati uno strumento efficace per lo sviluppo di strutture informatiche in grado di supportare l'implementazione del Sistema di Produzione Olonico. Il SPO con le sue capacità di apprendimento e auto-configurazione, ottenute anche grazie all'equilibrio nell'interazione uomo-macchina, sembra avere le caratteristiche di agilità ed adattabilità necessarie nei nuovi scenari competitivi. Il SPO va comunque visto come un approccio evolutivo verso l'implementazione dei suoi requisiti. Essendo questi requisiti particolarmente ambiziosi, è certamente più pragmatico pianificare passi intermedi verso il raggiungimento dell'obiettivo del sistema di produzione intelligente, così da consentire un passaggio più graduale verso la produzione olonica ed assicurare l'abilità del sistema di supportare l'adattamento e l'evoluzione continua.

## **6. Bibliografia**

- Arbib M.A., "The Metaphorical Brain 2: Neural Networks and Beyond", John Wiley & Sons 1989.  
Arbib, M. A. "The Handbook of Brain Theory and Neural Networks", MIT Press 1995  
Beer S., "Brain of the firm", Wiley 1972;  
Blackwell R.D e Blackwell K., "The Century of the Consumer: Converting Supply chains into Demand Chains" in Supply Chain Management Review, pp. 22-32, 1999.  
Brandenburger A. M. , Nalebuff B. J., "Co-Opetition : A Revolutionary Mindset That Combines Competition and Co-Operation : The Game Theory Strategy That's Changing the Game of Business", Doubleday 1996.

---

<sup>15</sup> Enunciati da Von Bertalanffy (1968), i concetti di equifinalità e di multifinalità riguardano capacità proprie dei sistemi aperti. L'equifinalità si riferisce, contro la tesi classica secondo cui condizioni iniziali simili conducono a simili effetti, alla possibilità di raggiungere uno stesso stadio finale percorrendo vie differenti. La multifinalità, invece, riguarda la possibilità di raggiungere stadi finali differenti pur partendo dagli stessi stadi iniziali.

<sup>16</sup> Per "resilienza" si intende la capacità di un sistema di adattarsi alle condizioni d'uso e di resistere all'usura in modo da garantire la disponibilità dei servizi erogati.

- Bussmann S., Jennings N., Wooldridge M., "Multiagent Systems for Manufacturing Control: A Design Methodology", Springer 2004.
- Capra F., "The web of life", Anchor Book 1996
- Ceni P., Merli G., "Il processo logistico-produttivo nell'azienda olonico-virtuale, in Sistemi & Impresa n° 1, pp. 75-83, Edizioni Este 1995.
- Ceppatelli M.G., "Dai Sistemi Informativi all'Impresa Olonica", Cedam 2004.
- Comuzzi E., "Valore, complessità e imprese. Modelli e strumenti per la misurazione e il governo del valore e della complessità", Giappichelli 2005.
- Crowe T.J., Stahlman E.J., "A proposed structure for distributed shopfloor control" in Integrated Manufacturing Systems n°6 Vol.6, pp.31-36, MCB UP 1995.
- Dilts D.M., Boyd N.P., Whorms H.H., "The Evolution of Control Architectures for Automated Manufacturing Systems" in Journal of Manufacturing Systems n° 1 Vol. 10, pp. 79-93, Elsevier 1991.
- Dominici G., "Il contesto istituzionale nipponico e l'evoluzione della 'lean production'", Aracne 2006;
- Drucker P. F., "The Coming of the New Organization" in Harvard Business Review on Knowledge Management, pp.1-19, Harvard Business School Press, Gennaio-Febbraio 1988.
- Duffie N.A., Prabhu V.V., "Heterarchical control of highly distributed manufacturing systems" in International Journal of Computer Integrated Manufacturing n°9 vol.4, pp. 270-281, Taylor and Francis 1996.
- Duffie N.A., and Piper R.S., "Non-Hierarchical Control of a Flexible Manufacturing Cell" in Robotics & Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 3, n° 2, pp. 175-179, Elsevier 1987.
- Fletcher M., Brennan R.W., Xu Y., "How Intelligent Manufacturing Holons Configure Themselves" in Atti del convegno IASTED "International Conference on Intelligent Systems and Control", Clearwater Florida (USA), 19-22 novembre, pp.37-42, National Research Council of Canada 2001.
- Frederix F., "From Production to a Product Perspective. New Industrial Scenario?" in Yoon S. et al. "Evolution of Supply Chain Management. Symbiosis of Adaptive Value Networks and ICT", Kluwer Academic Publishers, 2004.
- Giret A., Botti V., "Holons and Agents" in Journal of Intelligent Manufacturing n°15, pp.645-659, Kluwer 2004.
- Golinelli G.M., "L'approccio sistemico al governo dell'impresa- L'impresa sistema vitale -Vol. 1", CEDAM 2000.
- Gou L., Luh P.B., Kyoya Y., "Holonc Manufacturing Scheduling: Architecture, Cooperation Mechanism, and Implementation" in Computers in Industry Vol. 37 n°3, pp. 213-231, Elsevier, 1998.
- Hatvany J., "Intelligence and Cooperation in Heterarchic Manufacturing Systems" in Robotics & Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 2, n°2, pp. 101-104, Elsevier 1985
- Heiko, L., "The Conceptual Foundations of Just-In-Time." in Proceedings of the International Conference on Just-in-Time Manufacturing Systems: Operational Planning and Control Issues, 1991.
- Koestler A., "The Ghost in the Machine", Arkana 1967;
- Lee H. L., "The Triple-A Supply Chain" in Harvard Business Review, pp. 102-112, Harvard Business School Press, ottobre 2004.
- Márkus A., Kis T., Váncza J., Monostori L., "A market approach to holonic manufacturing" in Annali of CIRP, Vol. 45 n° 1, 1996.
- Marshall A., "Principi di Economia", traduzione della versione originale del 1890, UTET, 1987;
- Maturana F. P., Norrie D. H., "Multi-Agent Mediator Architecture for Distributed Manufacturing" in Journal of Intelligent Manufacturing n°7, pp. 257-270, Springer 1996.
- McHugh P., Merli G., Wheeler W.A., "Beyond Business Process Reengineering: Towards the Holonic Enterprise", Wiley 1995

- McLuhan M., Nevitt B., "Take Today: The Executive as Dropout", Harcourt Brace Jovanovich 1972.
- Mella P., "Business and non-business value creating organizations in the Information and internet age" in Atti del convegno International Symposium on Learning Management and Technology Development in the Information and Internet Age, Economia Aziendale web: [www.ea2000.it/numero1-2004.htm](http://www.ea2000.it/numero1-2004.htm), 2004.
- Mella P., "La Rivoluzione Olonica: oloni, olarchie e reti oloniche. Il fantasma del kosmos produttivo", FrancoAngeli 2005.
- Merli G., "I processi di business nell'azienda Olonico-virtuale: la progettazione dei nuovi prodotti" in Sistemi & Impresa n° 10, pp. 77-81, Edizioni Este, 1994.
- Merli G. e Saccani C., "L'azienda olonico-virtuale", Il Sole 24 Ore 1994.
- Mesarovic M., Macko D., Takahara Y., "Theory of Hierarchical, Multi-Level Systems", Academic Press 1970.
- Miwa Y., Ramseyer J. M., "The Fable of Keiretsu", in Journal of Economics and Management Strategy vol.11 pp. 169-224, MIT Press, 2002
- Monden Y., "Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-IN-Time" 3<sup>rd</sup> edition, Engineering & Management Press, 1998.
- Montgomery D., "Rapporti di classe nell'america del primo '900", Rosemberg & Sellier 1980.
- Moyaux T., Chaib-draa B., D'Amours S., "Supply Chain Management and Multiagent Systems: an overview" in Chaib-draa B., Müller J.P. (a cura di), "Multiagent based Supply Chain Management", Springer 2006;
- Nagel R.N., Dove R., "21st Century Manufacturing Enterprise Strategy: An Industry-Led View", Diane Pub Co 1991.
- Ohno Taiichi, "Toyota Production System: Beyond Large-scale Production", Productivity Press, 1988.
- Saccani C., "I requisiti di un sistema Olonico" in Sistemi & Impresa n°2, Este 1995[1].
- Saccani C., "Servizi per le Aziende Olonico Virtuali" in Sistemi & Impresa n° 10, pp. 15-26, Edizioni Este 1995[2].
- Saccani C., "I supporti alle imprese di fronte al cambiamento" in Impresa & Stato n°31, Camera di Commercio di Milano 1995[3].
- Saccani C., "Il Sistema Olonico" in Sistemi & Impresa n° 2, pp. 29-45, Edizioni Este, 1996[1].
- Saccani C., "Il caso Mayekawa" in Sistemi & Impresa n°8, pp. 29-39, Edizioni Este 1996[2].
- Shen W., Norrie D., "Agent-based systems for intelligent manufacturing: a state-of-the-art survey" in Knowledge and Information Systems International Journal n° 1 Vol.2, pp. 129-156, Springer 1999.
- Shen W., Norrie D., Barthes J., "Multi-agent Systems for Concurrent Design and Manufacturing", Taylor and Francis 2000.
- Shimuzu H., Yamaguchi Y., Satoh, "Holo-vision: a Semantic Information Processor for Visual Perception" in Kelso J. et al., "Dynamic Patterns in Complex Systems", pp. 42-76, World Scientific, 1988.
- Sylos Labini P., "Riformiamo le norme sui distretti industriali", in IlSole24ore , 15 Luglio 2005.
- Suda H., "Future Factory System Formulated in Japan (parte 1<sup>a</sup>)" in Techno Japan, Vol. 22, , n°. 10, pp. 15-25, 1989
- Suda H., "Future Factory System Formulated in Japan (parte 2<sup>a</sup>)" in Techno Japan, Vol. 23, n°. 3, pp. 51-61, 1990.
- Sugimura N.Y., Tanimizu Y., Yoshioka T., "A study on object-oriented modeling of Holonic Manufacturing System" in Atti del convegno del XXIX Seminario Internazionale CIRP, pp. 125-220, Osaka (Giappone), 1997.
- Ten Bos R., "Fashion and Utopia in Management Thinking (Advances in Organization Studies)", John Benjamins Pub. Co. 2000.
- Toffler A., "The Third Wave", Bantam 1980.

- Toffler A., "Future Shock", Bantam 1970.
- Valckenaers P., Bonneville E., Van Brussel H. Bongaerts L., Wyns J., "Results of the Holonic Control System Benchmark at the KULeven", Atti del convegno CIMAT (Computer Integrated Manufacturing and Automation Technology), 10-12 Ottobre, , pp. 128-133, Troy NY (USA) 1994.
- Van Brussel H., Bongaerts L., Wyns J., Valckenaers P., Van Ginderachter T., "A conceptual framework for Holonic manufacturing: Identification of manufacturing holons" in Journal of Manufacturing Systems Vol.18 n°1, pp.35-52, Elsevier 1999.
- Vicari S., "L'impresa vivente", Etas 1991.
- Von Bertalanffy L., "General System Theory", Braziller, New York, 1968.
- Womack J. P., Jones D. T. and Roos D., "The Machine that Changed the World", Rawson Associates 1990.
- Wooldridge M., "An Introduction to MultiAgent Systems", John Wiley & Sons Ltd 2002.
- Ulieru M., Walker S.S., Brennan R.W., "The Holonic Enterprise as a Collaborative Information Ecosystem" in Atti del Convegno FIPA, Londra 2001.
- Ulieru M. Brennan R.W., Walzer S.S., "The holonic enterprise: a model for Internet-enabled global manufacturing supply chain and workflow management" in International Journal of Integrated Manufacturing Systems n° 13/8, pp. 538-550, Emerald 2002[1].
- Ulieru M., "The Holonic Enterprise: Modeling Holarchies as MAS to Enable Global Collaboration", Atti del convegno DEXA 2002 "13th International Workshop on Database and Expert Systems Applications", pp. 603-608, Aix-en-Provence (Francia), 2-6 settembre, Springer 2002[2].
- Ulieru M., Este R.A., "The Holonic Enterprise and Theory Emergence: On emergent features of self-organization in distributed virtual agents" in Cybernetics and Human Knowing Vol. 11 n°1, pp. 79-98, Imprint Academic 2004.
- Ulieru M., Cobzaru M., "Building Holonic Supply Chain Management Systems: an e-logistics application for the telephone manufacturing industry" in IEEE Transactions on Industrial Informatics Vol.1 n°1, pp. 18-30, 2005.