



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
Facoltà di Scienze Statistiche

Corso di Laurea Specialistica in
Scienze Statistiche Economiche, Finanziarie e Aziendali

TESI DI LAUREA

*Improvement, Innovation e Just in Time:
un'analisi empirica tramite modelli a
equazioni strutturali*

Relatore: prof. Furlan Andrea

Laureanda: Zandarin Giorgia

Anno Accademico 2008 - 2009

“L’esperienza giapponese è fondata sulla diversità di metodi e strumenti, e non su insormontabili differenze di mentalità; e può essere un utile stimolo a ricercare e a perseguire senza pedissequa imitazioni vie di successo competitivo conformi alla nostra cultura e alla nostra tradizione industriale.”

*Giovanni Agnelli, prefazione all’edizione italiana de
“La macchina che ha cambiato il mondo”, Febbraio 1991*

A mio padre, mia madre e
mia sorella

Indice

INTRODUZIONE	9
---------------------	----------

CAPITOLO 1

<i>Lean thinking: come nasce e su cosa si basa</i>	11
---	-----------

1.1 Premessa storica	11
-----------------------------	-----------

1.1.1 La produzione artigianale	12
---------------------------------	----

1.1.2 La produzione di massa	13
------------------------------	----

1.1.3 La produzione snella	20
----------------------------	----

1.2 I cinque principi	21
------------------------------	-----------

1.2.1 Il valore	22
-----------------	----

1.2.2 L'identificazione del flusso di valore	24
--	----

1.2.3 Lo scorrimento del flusso	25
---------------------------------	----

1.2.4 L'ottica pull	26
---------------------	----

1.2.5 La perfezione	26
---------------------	----

CAPITOLO 2

Il modello: lean bundles e capabilities	29
--	-----------

2.1 La realtà aziendale: bundles e capabilities	29
--	-----------

2.2 Le parti coinvolte nel modello	31
---	-----------

2.2.1 Improvement e Innovation	31
--------------------------------	----

2.2.1.1 Improvement	32
---------------------	----

2.2.1.2 Innovation	34
--------------------	----

2.2.2 Just in time	37
--------------------	----

2.2.3 Performance	41
-------------------	----

2.3 Presentazione del modello	41
--------------------------------------	-----------

2.3.1 Le ipotesi del modello	41
------------------------------	----

CAPITOLO 3

Il modello	53
-------------------	-----------

3.1 SEM	53
----------------	-----------

3.1.1 Introduzione storica	53
----------------------------	----

3.1.2 Alcuni cenni di teoria -----	56
3.1.2.1 Analisi fattoriale -----	58
3.1.2.2 Formulazione del modello -----	65
3.1.2.3 Valutazione del modello -----	70
3.2 Il modello -----	74
3.2.1 Il campione e la creazione del database -----	74
3.2.2 Gli items utilizzati -----	79
3.2.3 Modello e risultati -----	82
CAPITOLO 4	
Discussione dei risultati -----	87
4.1 Dimostrazione delle ipotesi -----	87
4.2 Parte del modello come conferma del ciclo PDCA -----	95
Bibliografia -----	99

INTRODUZIONE

Negli anni Cinquanta, in Giappone, si è assistito ad una vera e propria rivoluzione in campo aziendale: la nascita e lo sviluppo del *lean thinking*. Questo fenomeno ha rappresentato una reale risposta ai problemi che si affacciavano nel mondo dal punto di vista dell'organizzazione aziendale, che fino a quel momento aveva incoronato *Ford* e la sua *produzione di massa* come i veri esempi da seguire; ben presto, però, questo sistema aveva iniziato a mostrare le sue reali e profonde debolezze, soprattutto in una realtà storica, come vedremo in seguito, in evidente cambiamento.

Pioniere di questa filosofia innovativa fu l'azienda automobilistica giapponese Toyota che, dopo aver osservato a lungo le altre forme di produzione, ha sviluppato al suo interno quella che oggi è conosciuta, anche, con il nome di *produzione snella*. I principi fondamentali su cui posa questa mentalità si basano essenzialmente sul continuo miglioramento della qualità (sia dal punto di vista del prodotto che da quello del processo) e sulla sempre maggiore attenzione alle esigenze del cliente (qualsiasi cosa questo possa significare: caratteristiche del prodotto, esigenze di prezzo, ...).

Il punto davvero interessante, e che dà maggior valore a questa trattazione, sta nel fatto che implementare questo tipo di concezione della produzione è, ancora oggi, uno dei principali obiettivi di molte aziende, le quali, in particolare in un periodo come quello che ad oggi sta vivendo l'economia, hanno capito come sia di fondamentale importanza produrre nel modo giusto, con tutto quello che questa esigenza comporta (evitare gli sprechi, ridurre i costi, produrre esattamente quello che il mercato chiede, ascoltare le esigenze del cliente, ...). Il *lean thinking* cerca proprio di rispondere a tutte queste esigenze.

È necessario precisare, ovviamente, che anche la produzione di massa cercava una risposta a determinate esigenze, ma queste erano le esigenze della dirigenza dell'azienda (fare economie di scala, ridurre il costo della manodopera, ...), assecondate da una clientela "che si accontentava"; con il passare del tempo si può dire che quest'ultima si sia "emancipata" e,

pertanto, non fosse più disposta ad accontentarsi di ciò che il mercato proponeva, esigendo esattamente quello che desiderava. Ecco perché la produzione di massa ha iniziato a vacillare e il lean thinking ad affermarsi.

Precisato questo, può essere utile tornare a soffermarsi sulle motivazioni di questa trattazione.

Si partirà da un inquadramento storico, nella ferma convinzione che non ci possa essere perfetta conoscenza di un qualsiasi fenomeno se non si comprende da dove questo scaturisca; si proseguirà poi descrivendo le principali caratteristiche e gli elementi essenziali di quella che, ancora oggi, può essere definita una nuova filosofia aziendale.

La parte centrale, e di maggior interesse, della trattazione sarà, tuttavia, rappresentata dal modello, che avrà come obiettivo quello di individuare quali mentalità supportino l'implementazione del lean thinking: in particolare si prenderanno in considerazione il miglioramento (*improvement*) e l'innovazione (*innovation*), e il loro rapporto con la *performance* aziendale, mediato anche dall'applicazione delle tecniche *just in time* (inserite in questo studio come la principale forma, anche se non l'unica, di implementazione della produzione snella). Si parte dalla convinzione che sia *improvement* che *innovation* diano un contributo positivo alla performance aziendale; ciò che sarà interessante scoprire è quale delle due capabilities¹ diano il loro contributo alla performance mediante l'applicazione del lean thinking. Si testerà inoltre un'ipotesi su come vengano utilizzate le risorse risparmiate attraverso l'implementazione delle tecniche *just in time* e, infine, si osserverà che tipo di legame ci sia fra *improvement* ed *innovation*.

Tutto questo sarà il cuore di questa trattazione che a questo punto può iniziare.

¹ In seguito si dirà che *improvement* e *innovation* appartengono, nella realtà aziendale, alla categoria delle capabilities e verrà spiegato cosa questo significhi.

CAPITOLO 1

Lean thinking: come nasce e su cosa si basa

1. 1 Premessa storica

Per capire davvero a fondo l'entità di una rivoluzione (e l'introduzione del pensiero snello è stata realmente una rivoluzione), è sempre necessario capire le sue origini, ovvero da dove sia nata la necessità del cambiamento; così, anche in questa trattazione, si è ritenuto fondamentale, prima di partire con lo studio vero e proprio, descrivere brevemente cosa c'era prima e cosa ha portato alla nascita del cosiddetto *lean thinking*, concetto molto ampio all'interno del quale sono inseriti tutti quei concetti e tutti quei costrutti che saranno il cuore di questa trattazione.

La storia e l'evoluzione del lean thinking è strettamente connessa con la storia e l'evoluzione del settore automobilistico: è infatti in questo settore che si è assistito all'emergere dei concetti che stanno alla base della produzione snella e alla nascita della stessa, ad opera di Toyota che, in questo senso, ha fatto scuola, tanto che, ancora oggi, parlando di produzione snella questo è il nome che più frequentemente viene associato.

Il settore automobilistico, come la maggior parte dei settori, ha avuto la sua origine con la produzione artigianale, per poi passare, grazie all'avvento e all'affermazione della rivoluzione industriale, alla produzione di massa e, infine, aspirare alla produzione snella. Non è un caso che si utilizzi il termine aspirare: la produzione snella mette infatti in discussione certezze che la produzione di massa aveva dichiarato fondamentali per il successo dell'azienda e che molte aziende hanno inserito come l'essenza della loro filosofia; pertanto, nonostante dopo un'analisi oggettiva emergano chiaramente i benefici che può portare l'implementazione del pensiero snello, la realtà dei fatti dimostra che in molte aziende la sua applicazione risulta molto difficile.

1. 1. 1 La produzione artigianale

Nel momento della sua introduzione nel mercato, alla fine del 1800, l'automobile non era un bene comune come è concepito oggi (concezione maturata solo con l'avvento della produzione di massa), ma era piuttosto un bene di lusso, molto costoso, che pochi potevano permettersi; è chiaro che a un bene di questo tipo si adattava perfettamente una produzione di tipo artigianale, caratterizzata da:

- forza lavoro altamente specializzata in progettazione, lavorazioni meccaniche e montaggio,
- strutture estremamente decentrate (da diversi fornitori i pezzi giungevano al proprietario/imprenditore che teneva in contatto diretto tutti gli interessati e, nella sua officina, completava il lavoro),
- macchine utensili generiche e
- produzione molto ridotta.

In poche parole il cliente si recava in azienda dove stabiliva le caratteristiche del veicolo insieme ai proprietari che poi, a loro volta, ordinavano i pezzi necessari e assemblavano il prodotto finito; l'assemblaggio era assai complicato in quanto i pezzi non erano perfettamente coincidenti ed era, quindi, compito dei meccanici limarli fino a farli coincidere (*Womack et al., 1991*).

Alla fine si arrivava a un prodotto personalizzato e, soprattutto, unico e assolutamente irripetibile. Ecco perché la produzione era piuttosto limitata ed il prezzo molto alto.

La leader di questo mercato era la *Panhard et Levassor* di Parigi, ma in una tale situazione nessuna azienda (e parlare di azienda è una forzatura, in quanto molto spesso si trattava di semplici officine con pochissimi meccanici) poteva avere il monopolio e molto presto la concorrenza si dimostrò spietata. Ma la produzione artigianale per un prodotto di questo tipo si rivelava sempre meno adatta, e fu così che la produzione di massa prese piede.

1.1.2 La produzione di massa

Nel 1908 *Ford* creò il progetto per il suo famosissimo *modello T*, auto pensata in funzione della produzione e molto facile da utilizzare; questi due aspetti furono la base del cambiamento che portò all'ascesa della produzione di massa. Il concetto chiave della produzione di massa non era, come molti allora e ancora adesso credono, la linea di montaggio in movimento, o continua, ma l'intercambiabilità completa dei pezzi e la semplicità d'incastro degli stessi (*Womack et al., 1991*).

Da questo aspetto derivarono molte conseguenze, fra le quali spicca (ma non è l'unica) la nascita della linea di montaggio.

L'intercambiabilità fu ottenuta utilizzando lo stesso sistema di calibratura per ogni pezzo; insieme all'intercambiabilità, *Ford* perseguì la semplicità e la facilità di montaggio ottenendo un enorme vantaggio sui concorrenti, approfittando anche dei progressi segnati nel settore delle macchine utensili che portarono all'eliminazione immediata di montatori qualificati (fino a quel momento il grosso della forza lavoro in un'azienda automobilistica).

Un emblema dell'evoluzione che ha subito il processo produttivo si trova nella drastica riduzione del ciclo medio di lavoro del montatore: da 514 a 2,3 minuti. Nel 1908, subito prima dell'introduzione del modello *T*, ogni operaio assemblava una parte consistente dell'auto al suo banco fisso di montaggio, dovendo prima reperire i pezzi necessari e limarli in modo che combaciassero (non era ancora stata raggiunta la perfetta intercambiabilità); la prima innovazione apportata da *Ford* per aumentare l'efficienza fu quella di consegnare i pezzi a ogni stazione di lavoro, in questo modo i montatori restassero tutta la giornata nella loro postazione. Poi, sempre nel 1908, quando si raggiunse l'intercambiabilità perfetta dei pezzi, ogni montatore ebbe la sua mansione spostandosi di vettura in vettura per poi arrivare, nel 1913, alla linea di montaggio mobile (*Womack et al., 1991*).

Questi miglioramenti portarono ad un aumento considerevole della produttività per molteplici ragioni: l'enorme familiarità con le operazioni da svolgere permettevano al montatore di essere molto più veloce, ma anche l'eliminazione della limatura e dell'adeguamento dei pezzi avevano dato il loro contributo.

A tutto questo va sommato che, grazie alle economie di scala, maggiore era il numero di auto prodotte e minore era il loro costo unitario.

Infine, per accattivarsi la fascia di mercato media, Ford aveva progettato l'auto puntando su una facilità di utilizzo e di manutenzione senza precedenti. Presupponeva, infatti, che l'acquirente fosse un contadino con pochi attrezzi e il genere di abilità meccanica necessaria per riparare macchinari agricoli; perciò il manuale fornito con il modello T, scritto in forma di questionario, spiegava in sessantaquattro pagine come servirsi di semplici arnesi per risolvere ognuno dei 140 possibili inconvenienti (*Womack et al., 1991*).

Questo nuovo modo di produrre e l'introduzione della linea di montaggio mobile stupirono i concorrenti e il mercato, catapultando Ford in cima all'industria automobilistica mondiale ed eliminando le aziende artigianali assolutamente incapaci di stare al passo nel risparmio sui costi di produzione (solo qualche produttore artigianale europeo di vetture di lusso, come ad esempio Aston Martin, è riuscito a resistere e sopravvivere a tale ascesa).

Così per più di mezzo secolo la produzione di massa fu il motore dell'industria automobilistica e per tale motivo vale la pena analizzare le sue principali caratteristiche (anche per poi poterle confrontare con le caratteristiche della produzione snella).

- *Forza lavoro.*

Il tutto si basava sul portare all'estremo l'idea della divisione del lavoro e sull'assoluta parcellizzazione di questo: ogni operaio doveva svolgere una semplicissima e piccolissima operazione nel complesso del processo produttivo (come infilare due dadi su due bulloni o fissare una ruota su ogni vettura) per la quale bastavano pochi minuti di addestramento ma che lo teneva sempre sotto tensione per la velocità della linea di montaggio mobile; non spettava a lui reperire pezzi, riparare guasti o eseguire l'intero montaggio piuttosto complesso. Per tutte le attività di contorno c'erano poche altre figure: una persona addetta ad organizzare il modo in cui i vari pezzi andavano assemblati e ciò che ogni montatore doveva fare (il tecnico del lavoro), una persona addetta a organizzare la consegna dei pezzi alla linea (il tecnico di produzione), riparatori qualificati per rimettere a punto gli utensili dei montatori, addetti alle pulizie e un solo esperto che

controllava la qualità (i difetti venivano individuati solo alla fine della linea di montaggio, dove gli operai addetti al ritocco, con abilità molto simili ai vecchi montatori, intervenivano).

Ma il lavoro non fu diviso soltanto nella fabbrica vera e propria, anche negli uffici di progettazione l'organizzazione era molto simile: tecnici del lavoro, tecnici di fabbricazione e tecnici del prodotto lavoravano vicini, ma queste specializzazioni erano soltanto l'inizio. C'erano, ad esempio, tecnici del lavoro che si specializzavano nelle operazioni di assemblaggio e altri nel funzionamento delle macchine dedicate alla produzione di singoli pezzi, o c'erano tecnici di fabbricazione che si specializzavano nella progettazione delle attrezzature per il montaggio e altri nelle specifiche macchine per ogni componente, c'erano tecnici del prodotto che si specializzavano in motori, altri in carrozzerie, altri in sospensioni e altri in sistemi elettrici: si trattava insomma di "lavoratori di concetto" che manipolavano idee e dati ma raramente toccavano una vera auto o entravano in fabbrica, il loro solo dovere era quello di progettare mansioni, pezzi e utensili per il gran numero di operai non qualificati che lavoravano nella fabbrica. Nel corso del tempo i tecnici ebbero sempre meno contatti con i colleghi impegnati in altre mansioni a causa della continua e crescente suddivisione delle progettazioni tecniche in un numero sempre maggiore di sottospecializzazioni e, quando cominciò ad aumentare la complessità del prodotto automobilistico, questo si rivelò un enorme punto di debolezza.

- *Organizzazione.*

L'idea fondamentale dell'organizzazione di un fabbrica dove si implementa la produzione di massa è l'integrazione verticale: all'inizio Ford acquistava motori e telai dai fratelli Dodge e per completare il veicolo ordinava un enorme numero di articoli presso altre aziende, ma, col passare del tempo, a causa della sempre maggiore applicazione della produzione di massa con la quale le altre aziende non riuscivano a stare al passo, le cose cambiarono. Ford infatti, aveva perfezionato le tecniche della produzione di massa molto prima

dei suoi fornitori e produrre tutto internamente avrebbe portato un considerevole risparmio sui costi; a questo si aggiungeva la sua enorme diffidenza nei confronti di tutti e, soprattutto, l'esigenza di avere pezzi con tolleranze più ridotte e termini di consegna molto più ravvicinati. Così si sostituì il meccanismo del mercato, fino a quel momento utilizzato, con la *mano visibile* (in contrasto con la teoria di *mano invisibile*¹): Alfred Chandler coniò tale termine nel 1977 per indicare semplicemente la filosofia aziendale secondo cui l'ottenimento delle materie prime necessarie, dei servizi, e di tutto ciò che serve alla produzione doveva avvenire dalle divisioni stesse dell'azienda, coordinate dalla dirigenza (i sostenitori di Smith erano contrari a questa ottica e sostenevano che l'integrazione verticale interferisse con le forze del libero mercato).

Questa nuova organizzazione trovò, tuttavia, ben presto delle difficoltà:

- ✓ L'integrazione verticale implicava una burocrazia su larga scala, che causava parecchie problematiche di difficile gestione;
- ✓ Sorsero problemi di spedizione e di barriere commerciali. Ford desiderava produrre l'intera automobile nello stesso stabilimento per poi portarla nel mondo, ma i sistemi dell'epoca non erano in grado di trasportare vetture finite a bassi costi e, soprattutto, senza danneggiarle; a questo si aggiungevano numerose difficoltà dovute a barriere all'importazione di unità finite, spesso presenti in molti stati.
- ✓ L'ultimo, ma non meno importante, problema era quello che un prodotto così standardizzato non poteva adattarsi perfettamente a tutti i mercati del mondo, con esigenze ovviamente diverse.

¹ *Mano invisibile*: teoria di Adam Smith, elaborata alla fine del 1700, secondo la quale se ogni individuo perseguisse il proprio tornaconto, il libero mercato produrrebbe da sé il miglior risultato per la collettività nel suo insieme: in questo contesto, in poche parole, avrebbe implicato l'acquisto di pezzi e di servizi da ditte indipendenti.

Per ovviare a queste due ultime problematiche, Ford effettuò massicci investimenti all'estero (provocando anche il risentimento dell'industria locale nei confronti del suo predominio) e agli inizi degli anni Trenta in Inghilterra, Germania e Francia aveva creato tre impianti produttivi, totalmente integrati, che producevano prodotti speciali secondo i gusti nazionali ed erano gestiti da dirigenti del posto che cercavano di minimizzare le ingerenze della casa madre.

- *Attrezzature.*

Partendo dal presupposto che il segreto dell'intercambiabilità dei pezzi consisteva nel progettare nuove attrezzature che potessero tagliare il metallo temprato e stampare la lamiera con assoluta precisione, la chiave fondamentale di tale sistema erano macchine utensili in grado di effettuare il lavoro in quantità elevate a un basso (o addirittura nullo) costo di messa a punto fra un pezzo e l'altro. In questa situazione, agli operai non qualificati bastava posizionare il pezzo e avviare la macchina che effettuava tutta la lavorazione autonomamente; poiché era solamente uno l'articolo in produzione si pensò poi di mettere le attrezzature in successione in modo che ogni stadio del processo seguisse precisamente il suo precedente. Quando questo sistema fu rodato: i tecnici trovarono il modo di lavorare più pezzi alla volta ottenendo dal medesimo numero di macchinari un volume assai maggiore di produzione.

Emerge in modo chiaro, comunque, come tale modo di produrre avesse un enorme difetto: la mancanza di flessibilità; questo era un problema serio perché quando, per esempio, si modificavano anche piccole caratteristiche del modello si era costretti a eliminare non solo il pezzo ma l'intero macchinario.

- *Prodotto.*

Ford proponeva il modello T in ben nove linee diverse ma tutte erano costruite sul medesimo telaio e con gli stessi pezzi meccanici. Il successo delle automobili Ford si fondava sul prezzo basso e sempre in continua diminuzione, per le variazioni dei prezzi generali al

consumo ma soprattutto per i crescenti quantitativi prodotti. Un altro contributo alla popolarità di tale prodotto fu dato dalla durevolezza del progetto e dei materiali e, soprattutto, dalla facilità con cui l'utente medio potesse effettuare autonomamente le riparazioni: il sistema di fabbricazione non effettuava controlli e spesso uscivano auto con difetti che il proprietario doveva risolvere da sé (per tale motivo quest'ultima caratteristica era più che fondamentale già dall'inizio).

Malgrado un sistema che non garantiva certamente un'elevata qualità, Ford fu in grado di dominare il settore automobilistico e renderlo il principale al mondo (*Womack et al., 1991*).

Preso dall'entusiasmo per tale successo e ossessionato da questo modo di produrre, Ford aggiunse alla *mano visibile* perfino materie prime e trasporto: ben presto ebbe una piantagione di gomma in Brasile, miniere di ferro nel Minnesota, navi per trasportare minerale di ferro e carbone, e una ferrovia per collegare le varie fabbriche, tutto di sua proprietà.

Alla fine arrivò a pensare di produrre in serie tutto, dagli alimentari (fabbricando trattori e creando uno stabilimento di estrazione dell'olio di soia) al trasporto aereo (con *Ford TriMotor*, per ridurre le tariffe del traffico aereo commerciale, e *Flying Fliver*, l'utilitaria volante). Tutti questi progetti erano finanziati direttamente da lui, senza l'intervento delle banche e degli investitori verso i quali era molto diffidente: in questo modo mantenne il controllo totale sulla sua società.

Come si poteva facilmente prevedere, tutte queste iniziative fallirono per diversi motivi fra i quali spiccano la mancata sinergia tra industrie (obiettivo spesso perseguito ma raramente raggiunto) ma soprattutto la volontà da parte di Ford di organizzare un'impresa globale centralizzando l'attività decisionale in lui stesso, concetto inattuabile già al suo apice e ancor più fallimentare quando le sue capacità mentali cominciarono a declinare.

Le debolezze emersero ben presto e un particolare concorrente se ne accorse cercando le migliori soluzioni: si trattava di *Alfred Sloan*, dal 1919 direttore generale di *General Motors*. Questa azienda stava cercando di implementare le tecniche della produzione di massa ma una cattiva gestione precedente a Sloan aveva creato più problemi che altro; così, quando partì la

nuova direzione, mentre si cercavano le soluzioni ai problemi interni all'azienda, si trovarono anche quelle alle debolezze del sistema applicato da Ford.

Il primo problema da risolvere era la questione manageriale (della quale Ford non si rese mai conto, anche a causa della sua diffidenza nei confronti di chiunque e del suo spiccato egocentrismo): si trattava di controllare i vari centri di profitto e per fare questo Sloan creò divisioni decentralizzate, amministrate da una piccola sede centrale; operativamente, Sloan e altri dirigenti controllavano le varie divisioni della società e a intervalli ravvicinati richiedevano dettagliati rendiconti su ogni aspetto dell'attività svolta (vendite, quota di mercato, giacenze, profitti e perdite). Se i rendiconti indicavano prestazioni modeste voleva dire che era il momento di cambiare direttore di area, se invece indicavano dati solidi si parlava di promozione. Fu presto palese che questa tecnica di decentralizzazione poteva essere applicata egregiamente anche nell'organizzazione e nell'amministrazione delle varie consociate.

Dal punto di vista direzionale, a complemento dei tecnici, emersero nuove figure professionali come il direttore finanziario o l'esperto di marketing, cosicché ogni area funzionale dell'azienda aveva i propri specialisti; con questo la divisione del lavoro professionale era completa.

Un altro problema emergente era soddisfare l'intera (ampia) fetta di mercato che General Motors voleva servire: si svilupparono così cinque modelli che andavano dall'auto economica a quella di lusso, dalla Chevrolet alla Cadillac (situazione molto diversa dalle nove versioni dello stesso modello escogitate da Ford). Sloan era riuscito a risolvere il conflitto tra l'esigenza della standardizzazione per ridurre i costi di produzione e la necessità di una diversità di modelli per soddisfare l'ampio ventaglio della domanda: standardizzava i vari pezzi meccanici e, allo stesso tempo, modificava l'esterno di ogni automobile, introducendo inoltre un gran numero di accessori supplementari.

Un'altra questione spinosa erano i finanziamenti: grazie alle sue conoscenze, Sloan sviluppò con altre aziende e con molte banche fonti di finanziamento costanti e sempre disponibili in caso di necessità.

Ciò che questo grande direttore non cambiò fu la concezione degli operai: pezzi intercambiabili del sistema di produzione.

Insomma, se si prendono i metodi produttivi di Ford, vi si aggiungono le tecniche di marketing e aziendali di Sloan e il nuovo ruolo della manodopera organizzata dal controllo dell'assegnazione dei compiti e delle mansioni, si ottiene la produzione di massa nella sua forma completa (*Womack et al., 1991*).

Ben presto queste tecniche furono conosciute e applicate anche in Europa, dove i produttori cercarono di replicare gli stabilimenti americani ottenendo buoni risultati.

Tutto avrebbe continuato a funzionare se negli anni Cinquanta non fosse emersa una nuova concezione di produzione.

1.1.3 La produzione snella

Nel 1950 *Eiji Toyoda*, erede della famiglia che nel 1937 fondò la *Toyota Motor Company* e ancora la gestiva, intraprese una visita di tre mesi nello stabilimento di Ford a Detroit. Toyoda, tecnico molto ambizioso e abile, di ritorno dagli Stati Uniti, riferì in modo dettagliato ciò che vide e suggerì molte possibilità per migliorare il sistema di produzione che aveva analizzato, anche perché, da subito, Toyoda e Taiichi Ohno, genio della produzione in forza alla Toyota, si resero conto che la produzione di massa non era applicabile in Giappone per diversi motivi:

- un mercato molto limitato e al tempo stesso una domanda piuttosto ampia;
- lavoratori più emancipati, anche grazie alle leggi sindacali, che non avrebbero sopportato di essere trattati come pezzi intercambiabili;
- un'economia devastata dalla guerra che soffriva per la mancanza di valuta e di capitali esteri, e che non poteva permettersi l'acquisto delle recenti tecnologie occidentali;
- l'elevato numero di colossi automobilistici stranieri ansiosi di operarvi e agguerriti nel difendere i propri mercati dalle esportazioni nipponiche.

In questo clima e con l'ausilio di un'iniziale politica protezionistica del governo ebbe origine e si sviluppò quello che Toyoda chiamò *Sistema di Produzione Toyota*, ovvero la produzione snella. Cosa sia questa nuova concezione della produzione sarà più chiaro nei prossimi capitoli; intanto, nel prossimo paragrafo, sarà più chiaro quali sono i principi alla base di questa filosofia.

1. 2 I cinque principi

Il termine fondamentale da conoscere per trattare la produzione snella è *muda*, termine giapponese che significa spreco e che sta ad indicare tutte quelle attività che, pur assorbendo risorse, non creano valore: al suo interno sta tutto ciò che, chi vuole adottare il *lean thinking*, deve assolutamente evitare, in ogni sua forma. Taiichi Ohno è stato il più acerrimo nemico del *muda* e ne ha identificato i primi sette tipi (*Slack, 2007*) ai quali successivamente se n'è aggiunto un ottavo:

- Difetti dei prodotti,
- Sovrapposizione non necessaria di beni,
- Magazzini di beni in attesa di essere ulteriormente lavorati o utilizzati,
- Lavorazioni non necessarie,
- Spostamenti di persone non necessari,
- Trasporti di beni non necessari,
- Attese dei dipendenti che aspettano la fine della lavorazione di una macchina o la conclusione di qualche attività a monte,
- Progettazione di beni che non soddisfano le esigenze dei clienti.

L'unica cura a tale male, il *muda* appunto, risulta essere il pensiero snello. Tale aggettivo è giustificato dal fatto che tale filosofia aziendale trova il modo di produrre sempre meglio (ovvero offrire esattamente quello che il cliente cerca) con sempre meno risorse (meno lavoro umano, meno attrezzature, meno tempo e meno spazio).

A questo punto è necessario presentare i cinque principi di tale pensiero (conosciuti nel mondo come la *5's terminology*) che sono:

- Definizione del valore,
- Identificazione del flusso di valore,
- Scorrimento del flusso,
- L'ottica pull,
- La perfezione.

1. 2. 1 Il valore

Tale concetto è assolutamente soggettivo e solo il cliente finale è in grado di misurarlo, valutando il grado in cui sono state soddisfatte le sue esigenze (siano esse in termini di tempo, di costi, logistiche, ...). Il valore viene però creato dal produttore per il quale è difficile definirlo accuratamente: ovunque tale definizione è distorta per molteplici ragioni.

Soprattutto nella zona americana, la vera percezione del valore, e quindi l'acquisizione del pensiero snello, è ostacolata dai bisogni immediati degli azionisti e dalla formazione mentale prettamente economica, e un po' arretrata, del management: la preoccupazione principale è rappresentata dalle prospettive di carriera e, soprattutto, dalla capacità di ridurre i costi della produzione nel breve periodo. Ovvio che, prestando attenzione principalmente a questi fattori, risulta difficile concepire un prodotto che abbia valore per il cliente (*Womack e Jones, 1997*).

Altre realtà vivono invece la situazione opposta (così è stato per esempio per la Germania fino a poco tempo fa²): aziende che possono ignorare la necessità di immediati risultati economici (magari perché controllate da terzi) e che quindi possono concentrarsi sulla complessità dei prodotti e dei processi. Questa situazione porta a credere che progetti complessi realizzati con attrezzature ancora più complesse siano il meglio per il processo produttivo, ma soprattutto il meglio per il cliente, e cioè proprio quello che lui vuole, anche se ancora non se ne rende conto (circolava infatti la convinzione che, una volta spiegato bene il prodotto, il cliente non avrebbe

potuto non apprezzarlo). Ovvio che anche questa forma di percezione del valore è piuttosto distorta.³

Una terza forma di distorsione (presente soprattutto in Giappone) del concetto di valore è la convinzione che parte di esso sia da ricondurre a dove avviene la produzione del bene: molte aziende, anche pioniere del pensiero snello come Toyota, avevano la convinzione che progettare e produrre tutto in casa avrebbe aumentato, agli occhi del cliente, il valore del bene. La realtà dimostrò il contrario: al cliente non interessa che l'azienda sia attenta al luogo che la circonda o al paese che la ospita, egli preferisce che essa presti attenzione alle caratteristiche e alle esigenze della realtà a cui il prodotto è destinato.

Insomma, emerge chiaramente che la definizione di valore è ovunque distorta dal potere di organizzazioni, tecnologie e impianti non ammortizzati preesistenti, unito a ragionamenti antiquati sulle economie di scala. Ciò che andrebbe fatto, invece, è ripensare completamente al valore dal punto di vista del cliente.

Il pensiero snello deve quindi partire da un tentativo consapevole di definire con precisione il valore in termini di prodotti specifici con caratteristiche specifiche offerti a prezzi specifici attraverso un dialogo con clienti specifici. Per fare questo è necessario ignorare gli investimenti e le tecnologie esistenti e ripensare le aziende sulla base di linee di prodotto seguite da team forti e dedicati (*Womack e Jones, 1997*).

Trovare questo coraggio è fondamentale in quanto la definizione precisa e accurata di valore è il primo fondamentale passo del pensiero snello, anche perché, in fondo, un prodotto sbagliato, anche se prodotto nel modo giusto, è un'imponente forma di muda.

² Dopo la seconda guerra mondiale, le imprese tedesche erano in una situazione talmente terribile che toccò allo stato l'onere di accollarsi i costi della ricostruzione di queste; la contropartita, però, fu quella di diventare azionisti di maggioranza (nazionalizzazione). A questo punto, tutti i profitti non andavano più all'imprenditore che, non dovendo esporsi economicamente in prima persona, poteva permettersi di intraprendere progetti rischiosi.

³ A onor del vero, è necessario dire che tale forma di percezione del valore è piuttosto superata, anche perché ha impattato ben presto col fatto che tale complessità esigeva investimenti troppo costosi per avvicinare i clienti, che spesso non riconoscevano in questi prodotti così elaborati le risposte ai loro desideri nonostante tutto.

1. 2. 2 L'identificazione del flusso di valore

Il secondo passo da compiere è identificare il flusso di valore, ovvero tutte le azioni necessarie per produrre un dato prodotto. Questo può essere fatto solo prestando molta attenzione a tre aspetti critici: la soluzione dei problemi (in qualsiasi fase essi siano), la gestione delle informazioni e la trasformazione fisica. Il pensiero snello impone che il tutto funzioni come un'unica entità e che ogni attività sia in armonia con le altre.

Una buona analisi del flusso di valore deve, innanzi tutto, portare a identificare tre tipi di attività:

- attività che creano valore,
- attività che non creano valore ma che sono inevitabili, e
- attività che non creano valore (queste possono essere subito eliminate).

Chiarito ciò, si torna a pensare all'insieme armonico di cui si parlava prima. Ovvio che, perché sia tale, è fondamentale superare l'idea di azienda e guardare al complesso: l'intero insieme di attività implicato nella creazione e produzione di uno specifico prodotto, dalla sua ideazione all'effettiva disponibilità, attraverso la progettazione di dettaglio; dal momento della vendita alla consegna, attraverso l'inserimento dell'ordine e la programmazione della produzione; dalle materie prime necessarie, prodotte molto lontano e fuori dal controllo, fino alle mani del cliente. Se tutto ciò riesce a funzionare in modo sincrono e armonico si è creata l'impresa snella: un incontro continuativo di tutte le parti coinvolte per creare un canale all'interno del quale far scorrere l'intero flusso di valore eliminando ogni forma di spreco (*Womack e Jones, 1997*). In poche parole, serve un'alleanza volontaria di tutte le parti interessate, alleanza che richiede un nuovo modo di concepire le relazioni interaziendali, qualche semplice principio che regoli i comportamenti tra le aziende e la trasparenza per tutto ciò che riguarda i passi fatti lungo il flusso di valore, cosicché in ogni momento ciascun partecipante possa controllare il comportamento degli altri.

1. 2. 3 Lo scorrimento del flusso

Una volta identificate le attività che creano, o che contribuiscono a creare, valore e che quindi sono fondamentali per l'intero processo, è necessario che queste fluiscono. Per fare questo è inesorabilmente necessaria una ridefinizione degli schemi mentali ormai consolidati (*Womack e Jones, 1997*). Fino all'introduzione del pensiero snello si ragionava secondo la logica *Batch and Queue*, ovvero la logica di lotti sequenziali con accumuli intermedi. Questa mentalità deve essere assolutamente eliminata perché i risultati dimostrano che le diverse attività possono essere, quasi sempre, svolte in modo più accurato ed efficiente se il prodotto viene lavorato ininterrottamente dalla materia prima al prodotto finito, perché tutta l'attenzione si concentra proprio su quest'ultimo.

La sfida principale che i pionieri del *lean thinking* dovettero affrontare fu quella di creare flussi continui nelle produzioni di piccoli lotti; questo avvenne imparando a cambiare rapidamente le attrezzature da un prodotto all'altro e miniaturizzando i macchinari, in modo che fasi diverse del processo produttivo potessero essere eseguite nelle immediate adiacenze l'una dell'altra, mantenendo in un flusso continuo l'oggetto della produzione.

In realtà, il problema principale è che il ragionare per flussi è contro intuitivo; Taiichi Ohno affermava che la causa di ciò risalisse addirittura ai primi agricoltori civilizzati, che avevano ereditato dai cacciatori la saggezza dell'*una cosa per volta*, e che quindi erano ossessionati dai lotti (il raccolto annuale) e dai magazzini (i depositi del grano) (*Womack et al., 1997*).

Oltre alle innovazioni nella produzione in se, il pensiero snello ha anche il compito di ridefinire il lavoro di funzioni, uffici e aziende in modo tale che essi possano fornire un contributo positivo alla creazione di valore e di rispondere ai bisogni effettivi dei dipendenti in ogni punto lungo il flusso cosicché sia effettivamente nel loro interesse far fluire il valore. Questo non richiede semplicemente la creazione di un'impresa snella per ciascun prodotto ma anche il ripensamento di aziende, funzioni e carriere tradizionali: è necessaria insomma la creazione di una *strategia snella* (*Womack e Jones, 1997*).

1. 2. 4 L'ottica pull

Il primo effetto visibile di tutto quello di cui si è parlato finora è che il tempo richiesto dall'ideazione al lancio del prodotto, dalla vendita alla consegna, dalla materia prima alla distribuzione si riduce drasticamente. A questo si aggiunge il fatto che i sistemi snelli possono realizzare qualsiasi prodotto in produzione in qualsiasi combinazione. Tutto questo crea la possibilità di soddisfare immediatamente qualunque cambiamento della domanda, ovvero fare esattamente quello che il cliente vuole in quel momento, senza ricorrere a previsioni che possono rivelarsi sbagliate o che, per qualche avvenimento inatteso, non si possono più considerare attendibili. Si può, insomma, permettere al cliente di *tirare* (pull appunto) il prodotto dall'azienda, anziché farsi spingere verso prodotti che spesso neanche desidera.

Piccola annotazione: si è osservato che la domanda tende a stabilizzarsi se i consumatori sanno di poter ottenere quello che vogliono immediatamente e se le aziende smettono di effettuare le periodiche campagne di sconto per collocare beni già realizzati che nessuno vuole. Pertanto, implementare una strategia di tipo *pull* potrebbe rivelarsi anche più semplice del previsto (*Womack et al., 1997*).

1. 2. 5 La perfezione

Entrati a regime i primi quattro principi, emerge chiaramente come non ci sia fine al miglioramento del processo e l'idea di raggiungere la perfezione è sempre più presente, si potrebbe quasi definire un "chiodo fisso".

I primi quattro principi interagiscono fra loro creando un circolo virtuoso: far scorrere più velocemente il valore fa emergere gli sprechi celati nel flusso di valore, e quanto più si tira tanto più gli ostacoli al fluire del valore vengono evidenziati e possono essere rimossi, i team in contatto con il cliente possono trovare il modo di definire sempre più chiaramente il valore e spesso apprendono modalità per innalzare il flusso che la trazione esercita dai clienti. Il primo effetto sorprendente di tutto ciò è che i nuovi processi

tecnologici e le nuove concezioni di prodotto, necessarie all'eliminazione del muda, sono piuttosto semplici e, inaspettatamente, già disponibili.

Bisogna evidenziare, comunque, che l'impulso più grande verso la perfezione è forse rappresentato dalla *trasparenza*, ovvero dal fatto che in un sistema snello tutti possono vedere tutto. *Womack (1991)* narra che, entrando in un'azienda che implementa il lean thinking (il caso più noto anche per quanto riguarda questo aspetto è Toyota), tutti i luoghi sono accessibili; in un ambiente estremamente pulito, tutti (soprattutto i dipendenti) possono entrare in qualsiasi spazio e osservare il lavoro di ogni collega, a qualsiasi livello esso si trovi; si tratta, insomma, di una reale trasparenza che va, come spiegato, dal lavoro all'organizzazione aziendale, passando spesso anche per la struttura fisica degli edifici (molto spesso non ci sono porte o divisori, e le stesse pareti sono fatte di materiali trasparenti). Ovvio che in questo sistema diventa piuttosto semplice scoprire nuovi modi per creare valore e trovare ben presto il modo di applicarli. Altra conseguenza, piuttosto importante, di questa trasparenza del sistema è il ritorno quasi istantaneo e altamente positivo per i dipendenti che realizzano dei miglioramenti: questo è una caratteristica chiave del lavoro snello, si tratta infatti di un potente impulso allo sforzo continuo verso la perfezione. È naturale che quando i dipendenti cominciano a percepire il ritorno immediato di un buon esercizio dello sviluppo dei prodotti, della gestione dell'ordine e dei flussi produttivi, del diventare capaci di vedere la soddisfazione del cliente, essi sono molto incentivati a perseguire su questa via.

Insomma, i primi quattro principi portano, inevitabilmente, alla realizzazione del quinto, e l'insieme dei cinque deve essere assolutamente l'aspirazione principale di un sistema snello.

CAPITOLO 2

Il modello: lean bundles e capabilities

In questa parte si tratteranno le parti coinvolte nel modello, cuore di questa trattazione, che, alla fine del capitolo, verrà presentato: in particolare nel seguito saranno descritti *improvement*, *innovation*, *just in time* e *performance*.

2.1 La realtà aziendale: bundles e capabilities

Prima di trattare nel dettaglio il significato di *improvement*, *innovation*, *just in time* e *performance* è necessario presentare, seppur in modo semplificato, la realtà aziendale: al suo interno si possono facilmente distinguere quelle che la letteratura chiama *resources*, *routines* e *capabilities* (Grant, 1991; Ray et al., 2004; Teece et al., 1997).

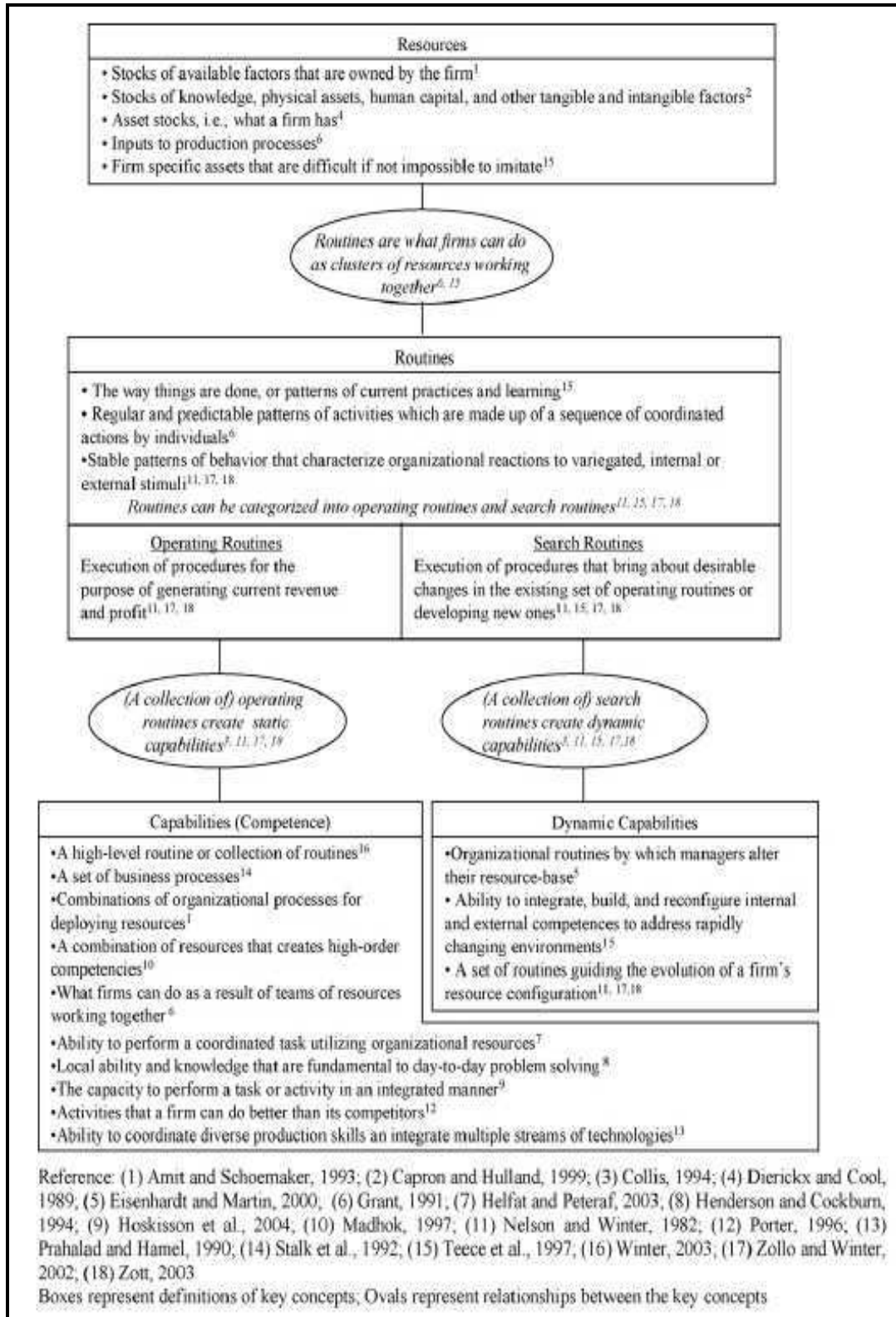
Con il termine *resources* si indicano, appunto, tutte quelle risorse che l'azienda possiede, sia dal punto di vista materiale (macchinari, materiali, scorte, ...) che dal punto di vista delle competenze e delle conoscenze.

Queste risorse vengono poi impiegate per attuare delle *routines*, termine che può essere espresso nella traduzione italiana come il modo di fare le cose (Peng, Schreoder, Shah, 2007), ovvero attività che si svolgono all'interno dell'azienda: esse sono processi che utilizzano insiemi di risorse per ricevere il prodotto desiderato (Schoemaker, 1993; Grant, 1991). Vengono chiamati *bundles* l'insieme di queste attività (*routines*) che possono essere riunite sotto un unico costrutto logico (il *lean bundle* che viene preso in considerazione in questa tesi è il *just in time*, esso è il *lean bundle* per eccellenza e sotto di esso possono essere ricondotte e aggregate diverse attività che lo caratterizzano).

A un livello più alto di aggregazione possono essere definite le *capabilities*; in realtà, Peng et al. (2007) danno una definizione di *capability* che vale la pena riportare nella lingua originale: *a capability is the strength or proficiency of a bundle of interrelated routines for performing specific tasks* (una *capability* è

la forza o l'efficienza di un insieme di attività correlate per raggiungere uno specifico obiettivo).

Figura 2.1: resources, routines, capabilities e i loro legami



(Tratto da Peng D.X., Schroeder R.G., Shah R., 2007, *Linking routines to operations capabilities: a new prospective*, pp. 2)

È interessante concludere specificando che la combinazione di risorse, routines e capabilities è, se ben inserita in un'interazione dinamica con diverse fonti di conoscenza specifiche per l'azienda, la vera fonte di vantaggio competitivo.

Va infine chiarito, per completezza, che tale classificazione è tipica del *routine-based approach* (approccio basato sulle routines).

Questa distinzione fra le varie voci citate e i loro collegamenti può risultare più chiara nella rappresentazione della figura 2.1 proposta da *Peng, Schreoder e Shah* nel 2007 (questi hanno riassunto le varie conclusioni degli autori citati nel fondo della figura).

2. 2 Le parti coinvolte nel modello

2. 2. 1 Improvement e Innovation

La premessa fondamentale da fare è, intanto, definire a che categoria di realtà aziendale appartengono queste due voci e poi chiarirne la differenza.

Innanzitutto *improvement* e *innovation* appartengono alla categoria delle capabilities e la loro differenza può essere chiarita in modo piuttosto intuitivo dandone una semplice traduzione: implementare l'*improvement* (termine che può essere tradotto in italiano con "miglioramento") significa essenzialmente migliorare gradualmente processi e prodotti già esistenti all'interno dell'azienda, senza cambiamenti radicali e improvvisi; queste ultime azioni sono invece tipiche dell'*innovation* (termine che può essere tradotto con "innovazione"), che comporta proprio portare in azienda questo tipo di cambiamenti estremi che possono essere, sia dal punto di vista del prodotto che da quello del processo, del tutto sconosciuti fino a quel momento. È chiaro come la prima capability è estremamente legata alla realtà aziendale (solo la piena consapevolezza della propria realtà può portare a un reale miglioramento, e per ogni diversa realtà migliorare può avere un significato del tutto differente), mentre la seconda capability è frutto di scoperte anche assolutamente esterne all'azienda (per questo è più rischioso e non sempre

vantaggioso, come sostengono i promotori del *lean thinking*, attuare l'innovazione) (*Christensen, 2003*).

Data l'intuitiva differenza fra i due concetti, potrebbe essere più utile ora addentrarsi nelle conseguenze che può avere scegliere l'una o l'altra alternativa ed è quello che si farà in seguito.

2. 2. 1. 1 Improvement

Diversi autori hanno trattato questo argomento e in questa sezione si cercherà di trovare un unico filo conduttore fra le varie fonti bibliografiche (che all'apparenza possono sembrare dare diverse interpretazioni di questa capability), nel tentativo di dimostrare come l'ottica sottostante a questo concetto sia univoca.

Peng, Schreoder e Shah (2007), che nel loro lavoro hanno cercato appunto di trovare un unico filo conduttore fra le varie fonti letterarie che trattano l'argomento, propongono come insiemi di routines necessarie all'improvement quelle collegate al *continuous improvement*, al *process management* e al *leadership involvement*.

Il concetto di *continuous improvement* (miglioramento continuo) contiene tutto quello che è legato al miglioramento incrementale di prodotti e processi già esistenti; *Cole (2001)* e *Bessant e Francis (1999)*, in accordo con tale considerazione, sostengono che, rimanendo ancorati a processi e prodotti che già l'azienda conosce e possiede, si possono ottenere piccole vittorie che gradualmente spingono verso una performance superiore. Tale propensione può essere sempre tenuta sotto controllo in quanto il suo punto di partenza è ben noto all'azienda (si parte da qualcosa che già si possiede), e questo può dimostrarsi un aspetto molto positivo anche perché, monitorando l'ambiente, si possono riconoscere velocemente le opportunità di miglioramento più adatte all'azienda stessa.

Il *process management* (gestione del processo) è basato sulla visione d'insieme di un'azienda: il processo globale è composto dall'insieme di tanti processi correlati fra loro e pertanto, affinché il tutto funzioni bene, è

necessario mappare e armonizzare l'intero sistema. *Banner e Tushman (2003)*, che definiscono l'improvement anche come lo sfruttamento (*exploitation*) di ciò che già l'azienda ha al suo interno, ritengono che il process management e tutte le attività che esso comporta eliminino tutte le fonti di miglioramento che andrebbero a discapito dell'efficienza o che non comporterebbero una riduzione dei costi. In questo contesto vale la pena ricordare come le tecniche statistiche siano uno strumento fondamentale per la programmazione e il controllo dei processi di produzione e siano parte integrante del process management.

Il *leadership involvement* (coinvolgimento della dirigenza) è un concetto un po' più critico per le aziende che vogliono attuare l'improvement. *Flynn e Saladin (2006)* definiscono la dirigenza come la forza che guida lo sforzo per il miglioramento della qualità; pertanto, per raggiungere tale obiettivo, è necessario promuovere una mentalità rivolta a questo, enfatizzando l'importanza del continuo miglioramento della qualità e creando un'infrastruttura all'interno dell'azienda che motivi la partecipazione dei dipendenti a tale graduale processo. È ovvio che per fare questo è necessario il coinvolgimento della dirigenza ad ogni livello aziendale.

Swink e Hegarty (1998) definiscono fondamentali per l'improvement le routines legate al *learning*, alla *waste reduction* e alla *motivation*. È piuttosto facile ricondurre tali concetti a quelli proposti da Peng e gli altri: il *learning* (l'apprendimento), ovvero quello che questi autori definiscono come l'abilità di accrescere e applicare le conoscenze legate ai processi, può essere intuitivamente riconosciuto come parte integrante del continuous improvement proposto da Peng; la *waste reduction* (la riduzione degli sprechi), definita come l'abilità di rimuovere le attività che non aggiungono valore, può essere ricondotta al process management; infine la *motivation* (la motivazione), ovvero la capacità di motivare i dipendenti ad alti livelli di sforzi e di produttività, è senz'altro un modo diverso di presentare il leadership involvement.

È piuttosto evidente come le definizioni e gli elementi fondamentali che i diversi autori collegano al concetto di *improvement* possano sembrare

piuttosto lontani fra loro a prima vista; risulta piuttosto chiaro, però, analizzando bene la letteratura, come questo non sia del tutto vero e come queste nozioni siano piuttosto vicine. Proprio a questo proposito, a conclusione del paragrafo è riportata la tabella 2.1 creata da *Peng, Schroeder e Shah (2007)*, dove questi hanno affiancato alle capabilities che loro identificano come fondamentali per l'improvement (riportate nella prima colonna), tutte le conclusioni a cui sono giunti i diversi autori proprio riguardo a questo argomento, sottolineando appunto le analogie; questa tabella può essere anche un utile quadro riassuntivo dell'argomento.

Tabella 2.1: confronto fra le conclusioni dei diversi autori in tema di improvement

Improvement capability	Improvement capability (Swink and Hegarty, 1998)	Exploitation (Benner and Tushman, 2003)	Total quality control (Sitkin and Sutcliffe, 1994)	Exploitation activities (Isobe et al., 2005)
1. Continuous improvement	Learning: the ability to continuously increase and apply process knowledge	Continuous improvement	Capability enhancement	Improving production process and quality; enhance existing products and technologies
2. Process management	Waste reduction: the ability to remove non-value added activities	Process management		
3. Leadership involvement in quality	Motivation: the ability to impel employees to high levels of efforts and effectiveness		Incentive for implementation	
Other dimensions			Information collection, analysis/dissemination	Exploiting customer base in existing markets

(Tratto da Peng D.X., Schroeder R.G., Shah R., 2007, *Linking routines to operations capabilities: a new perspective*, pp. 6)

Per concludere e fare chiarezza a riguardo, risulta evidente come le capabilities fondamentali per l'improvement si possano riassumere in quelle individuate da *Peng e gli altri* (alle quali tutte le altre conclusioni possono essere ricondotte): continuous improvement, process management e leadership involvement.

2. 2. 1. 2 Innovation

Anche a questo riguardo diversi autori hanno elaborato numerose teorie e anche in questo caso concetti che all'apparenza possono sembrare piuttosto

lontani, con un'analisi più approfondita, sono facilmente riconducibili ad un unico filo conduttore.

Come nel caso precedente, si partirà dagli autori nel loro lavoro hanno cercato di riassumere le conclusioni a cui sono giunti molti ricercatori, ovvero da *Peng, Schreoder e Shah*, che identificano come capabilities fondamentali per perseguire l'innovation quelle legate al *process and equipment development*, al *search for new technologies* e al *cross functional product development*.

Il *process and equipment development* (sviluppo di processo e di attrezzature) è un'attività molto importante legata all'innovazione: essa, infatti, crea un vantaggio attraverso lo sviluppo interno di tecnologie, che l'azienda può adattare alla sua realtà, favorendo così la flessibilità e l'efficienza. Ricerche empiriche hanno, infatti, mostrato che lo sviluppo di nuove tecnologie attraverso l'apprendimento sia interno che esterno guidano un miglioramento della performance (*Schreoder et al., 2002*).

Il *serch for new technologies* (ricerca di nuove tecnologie) comprende tutte le attività che si muovono con l'intento di venire a conoscenza delle nuove scoperte tecnologiche e di processo in circolazione; è facile individuare un'azienda che si muove in tale direzione, in quanto questa alloca molte risorse in queste attività che spesso coinvolgono l'anticipazione delle nuove tecnologie, l'acquisizione delle nuove tecnologie quando è necessario e l'integrazione interna ed esterna di queste.

Infine, il *cross functional product development* è un metodo ampiamente usato per coinvolgere diverse aree funzionali nello sviluppo di nuovi prodotti e processi (*Brown e Eisenhart, 1995; Ettlje, 1995*); le attività tipiche di questo aspetto dell'innovazione sono il coinvolgimento dei lavoratori provenienti dalle diverse aree sia nella creazione dei nuovi prodotti, che nella riorganizzazione dei processi; queste attività comprendono, inoltre, il prendere in considerazione la voce dei consumatori che andranno ad usare uno specifico prodotto¹.

¹ Bisogna riconoscere e sottolineare che il *cross functional product development* è un'attività che può svolgere anche un'azienda che sceglie di implementare l'improvement; è però vero che un radicale cambiamento richiede più spesso una profiqua interazione fra le diverse aree aziendali, che per la natura così estrema del cambiamento stesso deve essere più intensa (*MacCormack et al., 2001*).

Altri ricercatori sono giunti ad alcune conclusioni ed hanno fornito delle loro interpretazioni riguardo alla capability dell'innovazione: *Levinthal e March* nel 1993 e *McGrant* nel 2001 affermano che l'essenza dell'innovazione sta nel cercare di scoprire le nuove conoscenze negli approcci alle tecnologie, ai processi e ai prodotti; *Teece* nel 1986 e *Pisano* nel 1990 affermano invece che il centro dell'innovation sta nell'acquisire nuove tecnologie e processi, soffermandosi sul fatto che questo può avvenire sviluppandoli internamente o acquisendoli dall'esterno.

Anche in questo caso, alla fine del paragrafo, è riportato il lavoro svolto da *Peng, Schroeder e Shah (2007)*, dove si riassumono, in relazione alle capabilities individuate da loro come necessarie all'innovation (riportate nella prima colonna), le conclusioni a cui sono giunti altri autori su questo tema (tabella 2.2).

Tabella 2.2: confronto fra le conclusioni dei diversi autori in tema di innovation

Innovation capability	Innovation capability (Swink and Hegarty, 1998)	Innovation strategy (Cassiman and Veugelers, 2002; Pisano, 1990)	Process capability in product development (Kusunoki et al., 1998)	Exploration activities (Isobe et al., 2005)	Product development capability (Eisenhardt and Martin, 2000)
1. Search for new technologies	Scanning: the ability to identify useful technologies inside and outside manufacturing organizations	External technology acquisition		Search for new and promising technologies	
2. Processes and equipment development		Internal technology development		Integrating internal and external technologies	
3. Cross-functional product development			Communication and coordination across different functional groups	Taking risk to develop new products and technologies	Use of cross-functional teams for new product development; Joint problem solving
Other dimensions	Creativity; Ingenuity		Leadership involvement, shared experience		Extensive external communication

(Tratto da Peng D.X., Schroeder R.G., Shah R., 2007, *Linking routines to operations capabilities: a new perspective*, pp. 6)

Anche in questo caso (e questa volta anche in modo più evidente), per concludere e fare chiarezza a riguardo, risulta chiaro come le capabilities fondamentali per l'innovation siano tutte riassunte e comprese in quelle individuate da *Peng e gli altri*: process and equipment development, search for new technologies e cross functional product development.

2. 2. 2 Just in time

Il *Just in Time* è il lean bundle per eccellenza: sotto di esso si possono ricondurre molte attività tipiche delle aziende che decidono di adottare il lean thinking; ma per identificare queste attività è fondamentale capire cos'è il just in time e per farlo, possono essere molto utili le diverse definizioni date dai ricercatori che hanno approfondito l'argomento.

Il JIT è un sistema di produzione che produce “solo i prodotti necessari nel tempo necessario, nella quantità necessaria” (*Sugimori et al., 1977*).

Il JIT è la programmazione della produzione con il principale obiettivo di ridurre continuamente, e in ultima battuta eliminare, ogni forma di spreco lungo la catena del valore (ancora *Sugimori et al., 1977*).

Il sistema *kanban*², la produzione fluente e la riduzione dei tempi di set up sono tutti componenti critici del sistema JIT (*Monden, 1981*).

I programmi associati al JIT includono l'eliminazione degli sprechi e la completa utilizzazione delle persone, degli strumenti, dei materiali e dei componenti (*Davy et al., 1992*).

² Kanban (看板) è un termine giapponese che letteralmente significa "cartellino"; esso è un elemento caratteristico del sistema just in time di reintegrazione delle scorte mano a mano che vengono consumate.

Questo nome deriva dal fatto che il cartellino (kanban appunto), indicante la tipologia del materiale usato per una lavorazione, è apposto su un contenitore che una volta vuotato viene rifornito. Il flusso, in tempo reale, dell'approvvigionamento, evita gli stock di magazzino e i costi derivanti che per la natura meno previdenziale del just in time (rispetto all'adozione di molte scorte) sono più probabili.

Il JIT è basato sull'eliminazione degli sprechi mediante la semplificazione dei processi produttivi come per esempio l'eliminazione dei magazzini in eccesso e la diminuzione dei lotti, che causano un lungo tempo ciclo³ (Flynn et al., 1995).

Il lean bundle del JIT include molte di quelle pratiche collegate allo scorrimento del flusso produttivo, come la diminuzione della dimensione dei lotti, la riduzione del tempo ciclo, la velocità dei cambi di tecniche e dei processi di produzione dopo la riorganizzazione (Shah e Ward, 2003).

Il JIT è un metodo di pianificazione e controllo oltre che una filosofia aziendale che ha come scopo quello incontrare la domanda istantaneamente con la perfetta qualità e senza sprechi (Slack et al., 2007).

Dopo questa ampia panoramica sulle conclusioni a cui sono giunti nel tempo i diversi ricercatori che su questo concetto hanno svolto molti studi, si può, riassumendo, dare una definizione generale che cerchi di raccoglierle: il JIT è un sistema produttivo che ha come scopo principale quello di rispondere immediatamente e in modo ottimale (dal punto di vista delle risposta ai bisogni, del costo, ...) alla domanda sempre diversa che insorge dalla parte del consumatore. Per fare ciò è necessario, innanzi tutto, un perfetto sincronismo delle parti coinvolte nella creazione del prodotto richiesto; inoltre, le conseguenze per chi sceglie un bundle come il JIT, stanno nella diminuzione delle scorte al minimo (essendo la domanda sempre diversa e volendo creare prodotti sempre ad hoc per il consumatore, non si può correre

³ Il tempo ciclo (traduzione di "cycle time", termine che molto spesso è intercambiabile con "lead time"), è un concetto che può essere espresso meglio con la definizione di tempo di attraversamento: esso è lo spazio temporale che intercorre tra la nascita del bisogno da parte del consumatore e la risposta da parte dell'azienda a tale bisogno. È immediato comprendere come uno dei principali intenti del just in time sia quello di ridurre questo tempo: proprio per il suo scopo di rispondere immediatamente alla domanda insorta, se si sceglie di adottare questo lean bundle è necessario ridurre il tempo ciclo.

il rischio di avere materiali in magazzino che non serviranno più a nessuno) che è alla base del concetto fondamentale per il JIT: l'eliminazione degli sprechi (di magazzino, nei tempi di produzione o di consegna, dovuti a difetti, ...).

A questo punto, può essere interessante inserire una ricerca fatta da *Cua, McKone e Schroeder*, pubblicata in un articolo nel 2001: in questo lavoro essi hanno proposto un confronto tra sei recenti studi empirici sul JIT (*Davy et al., 1992 (1); Mehra and Inman, 1992 (2); Sakakibara et al., 1993 (3); McLachlin, 1997 (4); Sakakibara et al., 1997 (5); Ahmad, 1998 (6)*) e hanno identificato nove pratiche frequentemente associate al JIT. Questo lavoro è riassunto nella tabella 2.3.

Tabella 2.3: Elenco delle tecniche lean più frequentemente associate al JIT, in relazione a sei studi empirici svolti: le colonne si riferiscono ai sei studi presi in considerazione, per ogni studio si evidenzia quali tecniche lean si riconoscono come fondamentali al JIT.

	1	2	3	4	5	6
Riduzione dei tempi di set up	x	x	x	x	x	x
<i>Pull system production</i>	x		x	x	x	x
Consegne JIT da parte dei fornitori	x		x	x	x	x
<i>Functional equipment layout</i>	x		x	x	x	x
Aderenza alla schedulazione giornaliera			x	x	x	x
<i>Committed leadership</i>	x	x		x		
Pianificazione strategica	x	x			x	x
Formazione del personale cross-funzionale	x		x	x		
Coinvolgimento dei dipendenti	x	x	x	x	x	x

Vale la pena spiegare brevemente cosa comportano queste tecniche.

Ridurre i tempi di set up significa ridurre i tempi necessari a riorganizzare i macchinari, in modo da poter produrre un prodotto diverso dall'ultimo; il *pull system production* è il sistema di produzione "a tiraggio" (tradotto letteralmente), ovvero si tratta di immettere nel mercato solo ciò che è richiesto (tirato appunto)⁴; le *consegne JIT da parte dei fornitori* sono proprio

le consegne immediate dei materiali necessari per produrre, praticamente in tempo reale, i prodotti richiesti dai clienti (è chiaro che se già il primo anello della catena va a rilento, il sistema non potrà mai essere veloce come il JIT richiede); il *functional equipment layout* consiste nel disporre i macchinari in modo funzionale a velocizzare l'intero processo⁵; l'*aderenza alla schedulazione* giornaliera consiste nell'eseguire ciò che si è programmato per quella giornata in modo preciso; il *committed leadership* consiste nel far in modo che la dirigenza si senta impegnata e responsabile all'interno del sistema; la *pianificazione strategica* consiste nel pianificare i processi nel modo più funzionale alla realizzazione del JIT (discorso riguardante i processi, analogo a quello fatto per i macchinari parlando di layout); la *formazione del personale cross-funzionale* è quel tipo di formazione che prepara i lavoratori su qualsiasi area aziendale, in modo che essi siano pronti ad intervenire tempestivamente qualunque sia il problema che si presenta (riducendo così ulteriormente i tempi di attraversamento); infine il *coinvolgimento dei dipendenti* è quel processo tale per cui si porta il personale a sentirsi parte integrante e fondamentale dell'intero meccanismo produttivo aziendale (principio che per primo Toyota affermò come fondamentale per l'applicazione del lean thinking).

⁴ La logica pull fu una grande svolta introdotta nell'organizzazione e nella produzione aziendale, che fino ad allora si erano mosse in un'ottica push (a lei contrapposta): essa prevedeva la spinta nel mercato, ovvero immettere anche ciò che non veniva richiesto nella convinzione che prima o poi il consumatore si sarebbe convinto che si trattava proprio di quello che cercava.

⁵ Prima dell'introduzione del JIT i macchinari venivano quasi sempre disposti a reparti (tutti i macchinari per la saldatura in un reparto, tutti quelli per lo stampaggio in un altro, ...), ma questa organizzazione quasi mai risulta funzionale per velocizzare l'intero processo di produzione (Toyota, che introduce il JIT, ad esempio, propone che macchinari necessari a svolgere azioni da fare in sequenza siano disposti uno di seguito all'altro). Come si è già detto, inoltre, si nota un visibile miglioramento della qualità quando si segue il prodotto nell'intero processo produttivo e questo non può avvenire se si ragiona a lotti e per reparti.

2. 2. 3 Performance

Quanto alla performance, c'è ben poco (o forse troppo) da dire: essa rappresenta la vera manifestazione di quanto sia valido l'operato di un'azienda, la performance è quello che essa mostra all'esterno.

Come sia definita la performance sarà più chiaro nel capitolo successivo dove, presentando gli items con cui la performance viene identificata, sarà di più facile comprensione il suo significato. Come anticipazione, però, possono essere identificati i principali criteri per giudicare la performance, che la letteratura usualmente utilizza e ai quali si rifanno gli items di cui si parlava: qualità (*quality*), affidabilità (*dependability*), velocità (*speed*), flessibilità (*flexibility*) e costo (*cost*)⁶ (*Peng, Schreoder e Shah, 2007*).

Infine, nel corso e soprattutto alla conclusione di questa trattazione, emergerà come possa essere più interessante affrontare la performance in relazione agli altri elementi in gioco, piuttosto che come concetto assoluto, e per fare questo è necessario introdurre il modello che sta alla base di questa trattazione.

2.3 Presentazione del modello

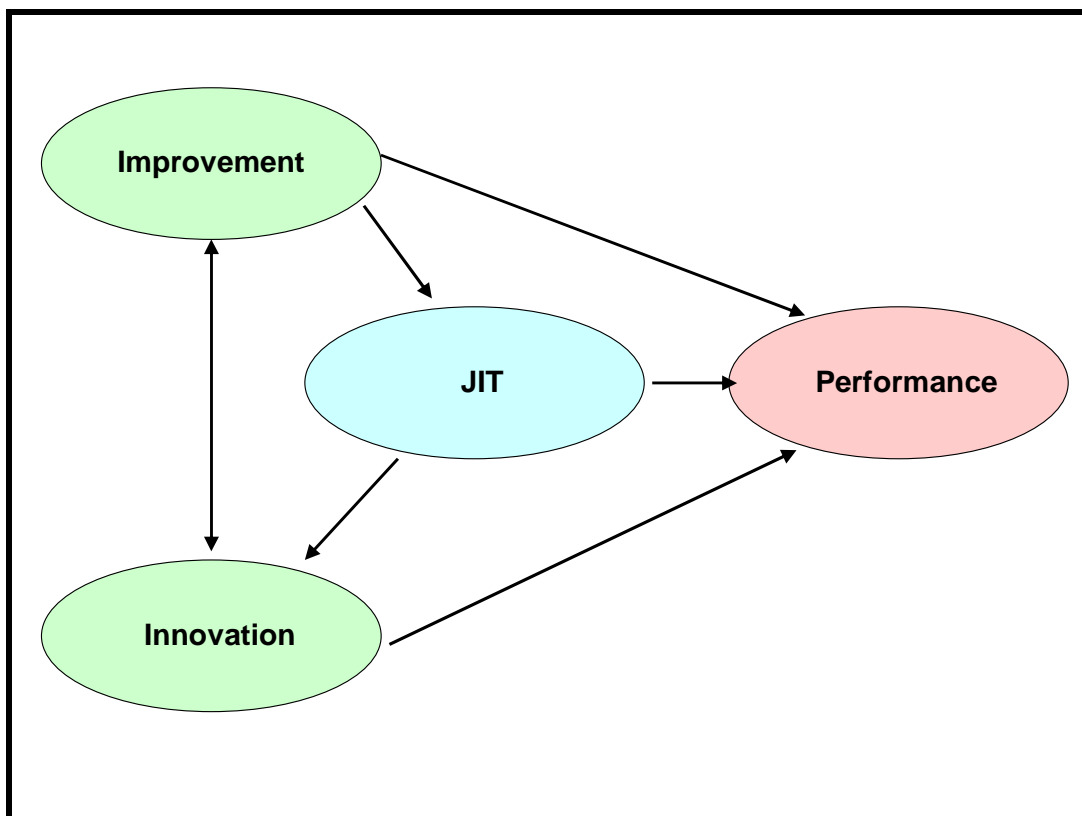
2.3.1 Le ipotesi del modello

Nel seguito di questo studio verrà presentato un modello nel quale si studieranno le relazioni fra gli elementi presentati nella prima parte del capitolo.

⁶ Si è ritenuto utile inserire anche la terminologia inglese in quanto tutta la letteratura relativa a questo argomento (e tutta la letteratura economica in generale), ha questa come lingua di riferimento; pertanto, trattandosi di concetti piuttosto basilari, si è ritenuto interessante nominarli anche con i termini con cui sono conosciuti nella letteratura internazionale.

In particolare, come mostrato nella figura 2.2, le relazioni che si andranno a studiare sono quelle di covarianza fra le capabilities, le relazioni di causalità fra le capabilities e la performance (sia in maniera diretta, come nel caso dell'innovation, sia in maniera mediata dal bundle del JIT, come nel caso dell'improvement), infine si analizzerà il rapporto di causalità fra JIT ed innovation.

Figura 2.2: le relazioni oggetto di studio



Nel seguito verrà fatta una panoramica delle ipotesi che è nell'interesse del modello verificare; prima di procedere, però, c'è una precisazione da fare: per studiare queste relazioni verranno utilizzati i SEM (Structural Equation Systems), dei quali si tratterà nella prima parte del prossimo capitolo.

Torniamo ora alle ipotesi da verificare.

Hp 1: esiste una correlazione positiva fra improvement ed innovation

La prima motivazione che ci ha spinto a ipotizzare la correlazione positiva fra *improvement* ed *innovation* sta nel fatto che, ancora oggi, non è molto chiara la distinzione fra questi nemmeno nella letteratura: *Bessant* e *Francis* nel 1999, e *Cole* nel 2001 affermano che, nella letteratura mondiale del settore, cambiamenti incrementali e radicali sono spesso riuniti sotto l'unica definizione di *miglioramento ed innovazione continua*. Se, quindi, questa distinzione non è chiara per gli studiosi di fama internazionale, è giustificato il fatto che non sia chiara nemmeno nelle aziende, molto più radicate nella realtà e che, con ogni probabilità, svolgono routines che si possono inserire fra quelle di supporto ad una o all'altra capability.

A questa motivazione ne va aggiunta un'altra molto più significativa: molto spesso, per scegliere la via del miglioramento, è necessario adottare qualche idea del tutto innovativa; nel caso opposto, invece, un'azienda potrebbe scegliere di adottare idee innovative che, però, per essere applicate nella specifica realtà, necessitano che quest'ultima raggiunga certi livelli di qualità (qualsiasi cosa questo significhi) ai quali può arrivare solo tramite l'improvement (*Schroeder et al.*, 1989).

Di fondo, in entrambe le motivazioni, si scorge lo stesso intento comune (causa della correlazione positiva) di portare l'azienda a un livello più alto di performance. Da qui seguono la seconda e la terza ipotesi.

Hp 2: l'improvement ha un impatto positivo sulla performance

Per quanto riguarda l'impatto positivo dell'improvement sulla performance, *Swink*, *Narasimahn* e *Wang* (2007) danno una chiara spiegazione: una base fondamentale da cui partire per ottenere un'influenza positiva sulla performance è costituita anche da una profonda conoscenza dei mezzi e dei prodotti che l'azienda possiede e dall'evoluzione, in un'ottica di miglioramento continuo.

A questo si aggiunge una conclusione emblematica a cui è giunto *Masaaki Imai*, definito il "guru" della qualità che nel 1986 ha fondato l'*Istituto Kaizen*

per aiutare le aziende ad assimilare le idee base del lean thinking, che afferma che l'essenza stessa del *Kaizen*⁷ è molto semplice e quasi disarmante, in quanto significa semplicemente migliorare grazie al coinvolgimento di tutti, lavoratori e manager, e pertanto, tale filosofia prevede che il modo di lavorare migliori sempre e in maniera costante, senza smettere mai di perseguire questo proposito; solo così si possono raggiungere gli obiettivi che un'azienda si è prefissata, fra i quali spicca il miglioramento della performance aziendale.

Tutto questo è sintetizzato benissimo dal pensiero di *Herbert D. Kelleher*, uno dei fondatori della Southwest Airlines negli anni settanta, che dice: "pensando in piccolo e agendo mediante piccole cose, diventerete grandi". Si tratta proprio dell'essenza dell'improvement, che prevede piccoli ma continui miglioramenti per innalzare il livello dell'azienda.

Hp 3: l'innovation ha un impatto positivo sulla performance

Anche in merito all'impatto positivo dell'innovation sulla performance, la letteratura fornisce molteplici giustificazioni.

Deshpande et al. (1993), in seguito a numerosi studi svolti su un gran numero di aziende giapponesi, arriva a dimostrare che l'innovazione è legata positivamente e in maniera molto significativa alla performance; *Baldwin e Johnson et al. (1996)*, con uno studio effettuato su alcune aziende canadesi, documentano il fatto che le aziende più innovative sono anche quelle i cui parametri di performance raggiungono i livelli fra i più alti; *Yamin et al. (1997)*, osservano la stessa relazione positiva fra innovation e performance in un campione di aziende australiane, notando che l'introduzione di innovazioni provoca un miglioramento nell'intera azienda, dall'amministrazione, all'organizzazione, ai processi.

⁷ Il *Kaizen* (改善) è un altro dei concetti base del lean thinking: si tratta di una metodologia giapponese che ha come scopo il miglioramento continuo, che mai si accontenta dei risultati ottenuti, e che coinvolge l'intera struttura aziendale. Il termine Kaizen è la composizione di due termini giapponesi: KAI (cambiamento) e ZEN (meglio).

Una sola precisazione deve essere fatta all'interno di questa argomentazione sul legame fra innovation e performance: esiste anche chi ritiene che l'innovazione possa non migliorare la performance, ma anzi porti al fallimento. Fra questi ricercatori spicca *Clayton M. Christensen*, che nel suo *The Innovator's Dilemma (2003)*, propone la conclusione che scegliere di implementare idee innovative potrebbe portare gravi danni; a questo proposito introduce i concetti di *disruptive technologies* e *disruptive innovation* (ovvero tecnologie e innovazione ribelli), sotto i quali si nasconde il fatto che non tutte le innovazioni che si possono introdurre in azienda sono idonee alla stessa: può capitare che esse portino notevoli benefici, ma è altrettanto plausibile supporre che esse portino nell'ambiente un tale stress e che richiedano uno sforzo talmente ampio da portare l'azienda a collassare. Tuttavia, la maggior parte della letteratura internazionale che tratta questo argomento, è piuttosto concorde nell'affermare che chi adotta l'innovation, vede innalzare il suo livello di performance.

Hp 4: l'improvement supporta il just in time

L'improvement, nella sua definizione completa dovrebbe essere chiamato *continuous improvement*, in quanto si tratta di una mentalità che, come affermano *Hayes* e *Wheelwright (1984)*, e *Womack (1990)*, parte da quello che già esiste in azienda (prodotti o processi) alla ricerca del continuo miglioramento, osservando sempre dove siano i margini per ottenerlo. Si tratta, pertanto, di un processo senza una reale conclusione.

Questo intento, rappresenta la base da cui muovono le tecniche associate al just in time: come già detto in precedenza, già nel 1977 *Sigimori* definiva il JIT come la programmazione della produzione con il principale obiettivo di ridurre continuamente ogni forma di spreco. Nel lean thinking, tutto ciò che non crea valore è definito spreco e, pertanto, migliorare significa proprio eliminare gli sprechi.

Emerge chiaramente, a questo punto, come il JIT non possa esistere al di fuori di un'ottica aziendale di continuo miglioramento, e come quest'ultimo sia assolutamente di supporto al lean bundle per eccellenza.

Hp 5: il just in time supporta l'innovation

Questa ipotesi nasce da una conclusione a cui sono giunti *Womack, Jones e Roos*, espressa ne *La macchina che ha cambiato il mondo (1991)* e confermata dai primi due autori nel *Lean Thinking (1997)*: tutte le risorse (siano esse denaro, tempo, personale, materie prime o altro) che vengono risparmiate attraverso l'adozione della produzione snella, e quindi l'implementazione anche del just in time, possono essere convogliate in attività di ricerca e sviluppo che portano all'innovazione.

La precisazione da fare è che implementare la produzione snella significa, sempre, ridurre il personale in quanto è nella logica stessa di questa filosofia aziendale produrre utilizzando meno risorse. Anche fra il personale, oltre che nelle materie prime e nei processi, è necessario identificare chi e cosa crei davvero valore ed eliminare ciò che non ne crea; fatto questo l'azienda avrà a disposizione un team fidato, un insieme di risorse e processi nei quali si fa entrare il *lean thinking*: questo porterà, come già detto, una serie di miglioramenti e un risparmio notevole di risorse, che l'azienda potrà convogliare nelle attività necessarie per introdurre innovazioni (*Womack e Jones, 1997*).

Dal punto di vista del personale, questo accade anche perché, nel clima di fiducia e di rispetto reciproco venutosi a creare, i dipendenti sono flessibili nell'assegnazione dei compiti e attivi nella promozione degli interessi dell'impresa, favorendo le migliorie e contribuendo alle innovazioni (*Womack, Jones e Roos, 1991*); dal punto di vista economico si osserva che i produttori che padroneggiano a fondo le tecniche del lean thinking, come il just in time, possono utilizzare il medesimo budget di aziende che non adottano queste tecniche per sviluppare e offrire una gamma di prodotti molto più ampia, oppure possono permettersi di sviluppare nuove tecnologie grazie al denaro risparmiato (*Womack et al., 1991*).

Tutte le conclusioni appena presentate hanno motivato la scelta di studiare anche il legame fra JIT e innovation, e più precisamente hanno spinto ad indagare se davvero questo lean bundle supporti questa capability.

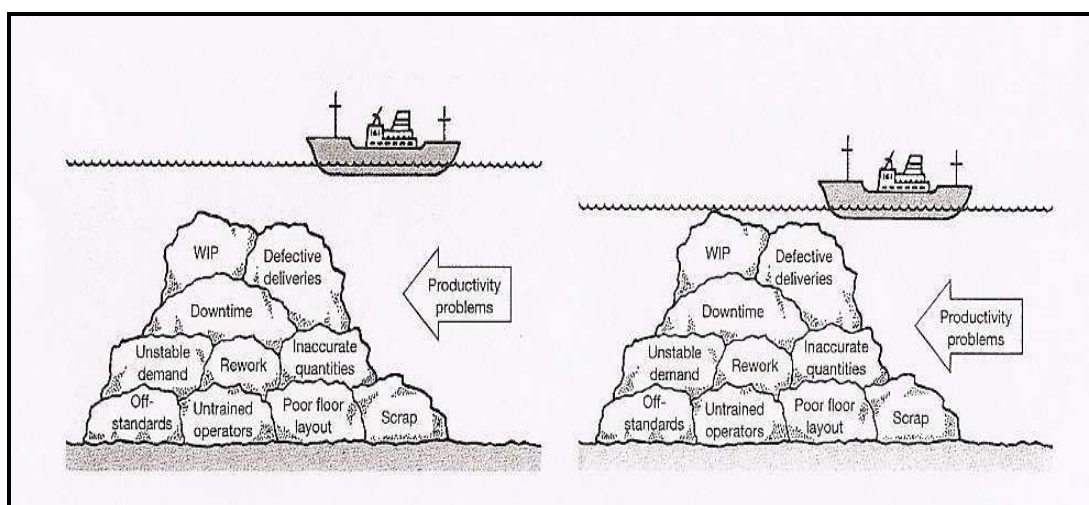
Hp 6: il just in time ha un impatto positivo sulla performance

Innanzitutto, è importante premettere che quasi tutta la letteratura che tratta questo argomento è concorde nell'affermare che esiste una relazione positiva fra *just in time* e *performance*, o meglio, enfatizza sul fatto che adottare il JIT porta un significativo miglioramento della performance.

A questo riguardo, *Brox e Feader* nel 1997 affermano che "c'è una crescente evidenza che il JIT è un sistema di produzione efficiente, come riflesso dal fatto che numerose organizzazioni affermano di aver avuto successo grazie all'implementazione del JIT. Queste aziende hanno riscontrato un miglioramento della qualità del prodotto, un aumento dell'efficienza e della produttività. In particolare queste aziende hanno riscontrato una riduzione nei costi e negli sprechi."

In generale, la maggior parte della letteratura conviene che il maggior beneficio proveniente dall'adozione del JIT sta nella riduzione dei livelli di magazzino e nell'aumento della rotazione dello stesso (*Crawford e Cox, 1990; Gilbert, 1990; Billesbach, 1991; Ockree, 1993; Billesbach e Hayen, 1994; Norris et al., 1994; Huson e Nanda, 1995; Balakrishnan et al., 1996; Droge e Germain, 1998*).

Figura 2.4: rappresentazione di come il livello delle scorte (acqua) può nascondere (primo caso) o rivelare (secondo caso) i problemi del ciclo produttivo.



(Tratto da Slack N., Chambers S., Johnston R., 2007, *Operations management*, pp. 468)

Slack (2007) riconosce che un basso livello di scorte può migliorare la performance aziendale, in quanto permette di individuare prima i problemi,

come rappresentato nella figura 2.4: in essa l'acqua rappresenta il livello delle scorte che nel primo caso nascondono i problemi verso i quali i processi aziendali (la nave) stanno andando a collidere; nel secondo caso, i bassi livelli di scorte fanno emergere i problemi prima che per la nave sia troppo tardi (ovvero l'urto sia già avvenuto). Questa è una conseguenza del fatto che l'alta velocità di rotazione del magazzino rivela presto dove si trova l'anello debole del meccanismo; un elevato livello di scorte, ad ogni stadio del processo, nasconde un possibile problema che può insorgere perché comunque il reparto è in grado di rispondere alla domanda del reparto successivo (quando l'errore viene a galla, molto spesso è troppo tardi).

Altri autori concordano nell'affermare una relazione positiva fra JIT e performance: in un articolo pubblicato nel 1993, *Sakakibara e Flynn* identificano in quattro pratiche JIT (*layout dei macchinari, pull system, livello qualitativo dei fornitori e kanban*) le maggiori forze che guidano il miglioramento di un particolare insieme di indicatori della performance: *lead time, cycle time* ed *inventory turns*. In aggiunta, altre due pratiche (*riduzione dei tempi di set up e aderenza alla schedulazione*) sono identificate come fattori molto importanti, seppur meno influenti, per raggiungere il miglioramento delle performance.

Lawrence e Hottenstein, in articolo pubblicato nel 1995, presentano i risultati di uno studio condotto per la verifica dell'esistenza di una relazione significativa tra pratiche JIT e performance; questo studio è stato fatto su un campione di industrie messicane affiliate ad industrie statunitensi. Grazie a questa ricerca sono stati identificati quattro potenziali benefici ottenibili tramite l'implementazione delle tecniche JIT: aumento della produttività, miglioramento della qualità, riduzione del *lead time* e miglioramento del servizio al cliente. Inoltre lo studio ha dimostrato, ed è quello che è oggetto del nostro interesse, la presenza di relazioni positive e significative tra le pratiche JIT e ciascuna dimensione di performance. Gli autori hanno inoltre approfondito la ricerca attraverso l'inserimento nell'analisi di alcune variabili contestuali come la dimensione dell'industria, il tipo di industria e il tipo di processo produttivo: i risultati evidenziano chiaramente che tutte queste variabili sembrano impattare significativamente sulla relazione tra pratiche JIT e performance. Il settore in cui questa relazione si è rivelata

significativamente più forte è quello meccanico: si è osservato che la relazione tra tecniche JIT e performance cresceva di intensità all'interno di aziende di grandi dimensioni piuttosto che negli stabilimenti più piccoli.

Nel settore elettronico, al contrario, la relazione tra pratiche JIT e performance sembra essere più forte nelle piccole imprese piuttosto che nelle grandi. I risultati inoltre indicano che anche la nazionalità dei manager può influenzare l'efficacia dell'implementazione del JIT: avere un manager di nazionalità non messicana, nelle posizioni al vertice dell'azienda, aiuta un'applicazione più efficace del JIT.

Brox e Fader (1997) hanno invece effettuato uno studio incentrato sul confronto tra aziende aderenti e non alla logica JIT situate in Canada ed appartenenti al settore elettronico. Questo lavoro è arrivato a dimostrare empiricamente, attraverso rigorose analisi statistiche, come le aziende che scelgono di adottare le tecniche JIT non solo vedano aumentare la propria efficienza, ma anche come osservino una crescita della produttività dello stabilimento, grazie al raggiungimento di obiettivi quali la flessibilità di produzione e il miglioramento della qualità.

Anche *Nakamura, Sakakibara e Schroeder*, in uno studio pubblicato nel 1998, propongono un'analisi empirica con lo scopo di valutare l'impatto di alcune pratiche JIT (in questo contesto sono prese in considerazione riduzione dei tempi di set up, flessibilità alla schedulazione, layout dei macchinari, *kanban*, *pull system* e relazioni di tipo JIT con i fornitori) su alcune performance di produzione; il campione copre tre diversi settori ed include sia aziende statunitensi che aziende giapponesi. In sintesi, l'articolo arriva a dimostrare che le pratiche JIT possono migliorare sei indicatori di performance quali:

- tempo di inattività, ovvero percentuale di tempo in cui la macchina è ferma a causa di errori di produzione (il JIT contribuisce ad un flusso continuo di produzione, con un bisogno minimo di fermo degli impianti),
- percentuale di prodotti che passano l'ispezione finale senza rilavorazioni (implementare il JIT porta ad aumento di tale percentuale che a sua volta è necessaria per una migliore implementazione del JIT stesso),

- percentuale di spedizioni evase secondo le tempistiche pianificate (indice di affidabilità),
- cycle time (indice di efficienza produttiva),
- lead time (misura della prontezza di un'azienda nel rispondere ad un nuovo ordine) e
- rapporto tra totale magazzino e totale vendite.

L'effetto sulle performance che le pratiche JIT mostrano, tuttavia, non è uniforme: in particolare il JIT è solo marginalmente legato al miglioramento della percentuale degli ordini che sono evasi in tempo, mentre risultano più efficaci secondo questa direzione le pratiche TQM⁷.

Un'ulteriore conferma della relazione positiva esistente fra le pratiche JIT e la performance aziendale è data dai risultati di uno studio condotto da *Fullerton e McWatters* nel 2001, su un campione di aziende statunitensi: questi risultati dimostrano che pratiche incluse all'interno dei principi del JIT, quali, ad esempio, l'implementazione della qualità, l'approccio al miglioramento e la riduzione degli sprechi, possono migliorare le performance aziendali mediante una riduzione dei livelli dei magazzini, una riduzione del costo, un miglioramento della qualità ed un maggiore feedback positivo da parte dei clienti. Gli autori evidenziano inoltre che più le pratiche JIT sono implementate simultaneamente ed in profondità, maggiori sono i ritorni in termini generali. Un'ultima, ma non per questo meno significativa, conclusione a cui lo studio giunge è che le risorse umane sono un fattore critico per il successo del JIT: sono, infatti, state trovate evidenti differenze tra imprese che hanno adottato o meno gruppi di lavoro e flessibilità del personale.

⁷ Il TQM (Total Quality Management) è un altro bundle tipico della filosofia lean. Per definirlo si può utilizzare una delle più recenti definizioni date a questo concetto: *il TQM è un programma di produzione il cui scopo è il continuo miglioramento della qualità dei prodotti e dei processi. Per fare ciò è necessario che siano coinvolti il management, la forza lavoro, i fornitori e i clienti. Lo scopo finale è raggiungere le esigenze del cliente o addirittura superarle (Cua et al., 2001).*

Per completezza bisogna citare anche autori che non sono, invece, riusciti a trovare una relazione significativa fra JIT e performance: ad esempio, nell'articolo scritto da *Sakakibara, Flynn, Schroeder e Morris* nel 1997, gli autori si concentrano sull'impatto sia delle pratiche JIT che delle pratiche infrastrutturali⁸ sulle performance. La ricerca empirica si basa su un campione di aziende statunitensi e giapponesi appartenenti ai settori di componentistica per automobili, elettronico e meccanico e arriva alle seguenti conclusioni: si osserva una relazione non significativa tra l'utilizzo delle pratiche JIT (riduzione dei tempi di set up, flessibilità alla schedulazione, manutenzione dei macchinari, layout dei macchinari, *kanban* e consegne JIT da parte dei fornitori) e i risultati della performance aziendale (*turn-over* del magazzino, puntualità, *lead time* e *cycle time*).

Le pratiche infrastrutturali (gestione della qualità, gestione della forza lavoro, strategia di produzione, caratteristiche organizzative e design di prodotto) sembrano invece essere sufficienti per spiegare i livelli di performance conseguiti, ovvero si dimostra fra questi elementi una relazione significativa. È interessante osservare, però, che un ulteriore risultato evidenzia come in realtà una combinazione delle pratiche infrastrutturali e di JIT comporti un reale miglioramento della performance. Questo effetto sinergico osservato tra la gestione della qualità (*Quality management*) e JIT è facilmente interpretabile: le attività di gestione della qualità forniscono un supporto per il JIT mediante la creazione di un processo sotto controllo e questo comporta un flusso libero di prodotti ed una riduzione dei magazzini. Le pratiche legate alla forza lavoro (*Work Force Management*) includono le politiche di selezione e retribuzione nella formazione di team di lavoro, molto efficaci nella risoluzione dei problemi. Programmi di formazione e politiche personali risultano essere molto importanti per sviluppare lavoratori flessibili in grado di spostarsi lungo l'intero processo e adattarsi a questo, secondo le necessità che possono insorgere. Inoltre i piccoli gruppi di lavoro orientati alla risoluzione di problemi permettono di trovare soluzioni riguardanti la riduzione degli sprechi e del tempo ciclo di produzione.

⁸ Con il termine *pratiche infrastrutturali*, si vogliono riassumere tutte quelle routines "di base" che sono necessarie a supportare tecniche più specifiche dell'orientamento aziendale scelto.

A conclusione di questa panoramica sulla relazione esistente fra pratiche JIT e performance, è bene confermare ciò che la grande maggioranza della letteratura afferma su questo tema: questa relazione esiste, è significativa e positiva. Pertanto, questa sarà una delle ipotesi di partenza alla quale, con il nostro studio, cercheremo di dare solo un'ulteriore conferma.

CAPITOLO 3

Il modello

3.1 SEM

3.1.1 Introduzione storica

Con il termine *Lisrel* si è trovato un acronimo per la definizione completa di *Linear Structural Relationship*: esso è nato inizialmente come nome di un software (che, nella sua forma più aggiornata, è stato utilizzato anche per studiare il modello che è il punto centrale di questa trattazione) messo a punto dallo statistico-psicometrico svedese *Karl Jöreskog* e dai suoi collaboratori nei primi anni Settanta per stimare, con il metodo della massima verosimiglianza, i coefficienti strutturali dell'analisi fattoriale (*Jöreskog e Van Thillo, 1973*). Esso prendeva spunto da diversi contributi teorici dello stesso Jöreskog sul tema dell'applicabilità delle stime di massima verosimiglianza a modelli con variabili latenti, apparsi pochi anni prima (cfr. fra gli altri *Jöreskog, 1967 e 1969*). In breve tempo, l'iniziale intento è andato oltre ogni aspettativa: l'applicazione di questo sistema ha superato i confini dell'analisi fattoriale diventando una procedura generale per i modelli basati su sistemi di equazioni strutturali, mantenendo tuttavia la distinzione tra variabili latenti e osservate. L'iniziale concettualizzazione finalizzata alla costruzione di un software per il calcolo della stima di massima verosimiglianza è diventata la base teorica nella quale inserire, oltre all'analisi fattoriale, i modelli di misurazione, la *path analysis*, i modelli non ricorsivi, i sistemi di equazioni simultanee, i modelli per l'analisi dei panel, l'analisi delle strutture di covarianza, ...

Alla fine Lisrel, da semplice nome di un software, è diventato il termine più utilizzato per intendere l'approccio teorico generale nel quale possono essere inseriti tutti i modelli precedentemente elencati. Sinteticamente è possibile affermare che Lisrel si colloca alla convergenza di una duplice tradizione scientifica, come verrà ribadito successivamente: psicometrica ed econometrica.

Il problema affrontato dalla psicometria è connesso con la misurazione: nelle scienze sociali le variabili di maggior rilievo raramente possono essere soddisfacentemente misurate, o perché rappresentano concetti teorici non osservabili direttamente, oppure perché non esistono adeguati strumenti di misura. Da qui nascono fondamentali interrogativi sui legami esistenti tra gli indicatori utilizzati e le variabili latenti sottostanti, cioè sulla validità ed attendibilità delle misure, intendendo con ciò la loro capacità di esprimere effettivamente quei concetti teorici e di saperli esprimere con stabilità anche in rilavorazioni ripetute nel tempo.

La tradizione scientifica legata all'econometria si concentra, invece, sul problema della causalità: gli econometrici sostengono che ogni teoria scientifica si basa sull'elaborazione di nessi causali fra le variabili, per cui il ricercatore si trova nella necessità di disporre di strumenti e metodi per poter testare empiricamente l'esistenza dei nessi fino ad allora solo ipotizzati in sede teorica. A ciò va aggiunta la necessità di instaurare legami causali fra variabili latenti, poiché queste, nella quasi totalità dei casi, sono l'oggetto di studio principale ed assumono la maggior rilevanza teorica. Proprio per rispondere all'insorgere di quest'ultima problematica è nato l'approccio Lisrel, il quale, a testimonianza di questa sua duplice natura, è costituito da due parti: il *modello di misurazione* e il *modello causale*. Il primo *specifica come le variabili latenti [...] sono misurate tramite le variabili osservate e serve per determinare i caratteri di tale misurazione (validità ed attendibilità) [...] [Il secondo] specifica le relazioni causali fra le variabili latenti e serve per determinare gli effetti causali e l'ammontare della varianza non spiegata (Jöreskog e Sörbom, 1988).*

All'enorme e basilare contributo dato dalla psicometria e dall'econometria per la creazione di questo tipo di approccio (ovvero l'approccio Lisrel), è, però, necessario aggiungere le influenze date dalla biometria e dalla sociologia.

La psicometria si è posta fin dall'inizio il problema delle variabili latenti e, con l'analisi fattoriale, ha cercato di scoprire se le correlazioni esistenti tra un certo numero di variabili osservate possono essere spiegate da un numero inferiore di variabili latenti. I primi lavori in questa direzione risalgono all'inizio del 1900 e sono attribuiti a *Karl Spearman*: essi sono tentativi pionieristici di

definire e misurare l'intelligenza umana articolandola in una componente "comune" (o fattore generale) presente in tutte le misurazioni ed in componenti "uniche", associate allo specifico tipo di misurazione adottato oppure dovute ad errori di misurazione (*Spearman, 1904*). I successivi sviluppi dell'analisi fattoriale, sia in campo psicometrico (dove è degno di essere menzionato il contributo di *Thurstone, 1947*) che nelle applicazioni in altre discipline precedentemente citate, hanno sempre lasciato scettici gli statistici per gli ampi margini di arbitrarietà inerenti il metodo. Parallelamente all'analisi fattoriale, la psicometria si stava muovendo sul versante della misurazione: si stavano infatti elaborando concetti di validità e di attendibilità e si stavano mettendo a punto varie tecniche finalizzate alla misurazione di variabili psicologiche. In contemporanea a queste ricerche, gli econometrici stavano affrontando il problema delle relazioni di causalità tra variabili in campo economico con i cosiddetti modelli di equazioni simultanee (fra i primi ad operare in questo settore si ricorda *Henry Schultz con The Theory and Measurement of Demand, 1938*). Da tale approccio restava tuttavia esclusa la nozione di variabile latente e, almeno in parte, di errore di misura, con la motivazione ufficiale che nei dati economici gli errori di misura sono trascurabili, se non altro in confronto alle scienze di comportamento (*Goldberger, 1972*).

A questi sviluppi della psicometria e dell'econometria vanno aggiunte, come si è detto, le elaborazioni che negli stessi anni (anni Trenta) la biometria portava avanti indipendentemente, in particolare con i lavori del genetista *Sewall Wright* che si poneva non solo il problema di definire le connessioni causali esistenti fra un certo insieme di variabili, ma anche quello di quantificare l'impatto di ogni variabile su ognuna di quelle da questa casualmente influenzate, mediante quelli che egli chiamò *path coefficient*, da cui successivamente il nome di *path analysis* (*Wright, 1934*). I lavori di Wright rimasero per anni sostanzialmente sconosciuti alle scienze sociali, fino a quando vennero diffusi fra i sociologi da un famoso articolo scritto di *Duncan*, pubblicato nel 1966, all'interno del quale tali metodologie furono applicate ad una ricerca sulla stratificazione sociale.

L'inizio della convergenza di tutte queste idee cominciò all'inizio degli anni Settanta quando *Goldberger* in econometria, *Duncan* in sociologia e

Jöreskog in psicometria si impegnarono moltissimo, come esponenti delle loro discipline specifiche, in questo processo di avvicinamento, che si concretizzò in un seminario organizzato da *Golberger* nel novembre del 1970 presso l'università statunitense di Madison; durante questo incontro *Jöreskog* presentò una formulazione generale del suo modello, non più limitata al campo dell'analisi fattoriale ma applicabile ai più generali modelli di equazioni strutturali. Da allora la ricerca si mosse velocemente e, negli ultimi venti anni, tali modelli hanno visto un costante sviluppo. Ne fanno fede le numerose iniziative sorte a riguardo: la nascita nel 1994 di una rivista trimestrale specificatamente riferita a questa prospettiva (*Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*), la fondazione negli stessi anni (Febbraio 1993) di una rete e di un bollettino elettronici finalizzati a scambio scientifico tra studiosi (*SEMNET*), ed infine al fiorire di nuovi software dedicati ai modelli di equazioni strutturali che, più di altri indicatori, segnalano l'esistenza di una domanda crescente e variegata di applicazione della tecnica. Come conferma di quest'ultimo aspetto, è bene menzionare che fin dagli anni '80 al primo ed originale software di *Jöreskog* e *Sörbom* (*LISREL*, prodotto nei primi anni Settanta) si era affiancato *EQS*; successivamente si devono annoverare, oltre alla versione semplificata ed *user friendly* di *LISREL* denominata *SIMPLIS* (ovvero *Simple Lisrel*), *AMOS* (associato a *SPSS*), *CALIS* (associato a *SAS*), *LISCOMP*, *MX* e *SEPATH*.

3. 1. 2 Alcuni cenni di teoria

Come già anticipato nel capitolo precedente, per studiare le relazioni fra gli elementi presentati, si utilizzeranno i SEM (*Structural Equation Models*): questi sono sistemi di equazioni strutturali che rappresentano relazioni lineari fra le variabili coinvolte.

Una distinzione da fare all'interno della classe di modelli consiste nel chiarire il ruolo delle diverse equazioni: alcune equazioni vanno a comporre il sottomodello strutturale (detto anche sottomodello per le variabili latenti) che mette in luce le reazioni casuali nello spazio delle variabili latenti (questa parte del modello è di diretto interesse); altre equazioni vanno a comporre il

sottomodello di misura, che consiste nell'insieme di equazioni che collegano le variabili latenti e le variabili osservate.

Le parti che compongono queste equazioni sono le variabili casuali (che possono essere latenti o osservate) ed i parametri strutturali (in parte noti o fissati a priori, in parte incogniti e quindi da stimare).

Prima di partire con l'analisi è fondamentale assicurarsi che le variabili osservate rispettino l'assunto di multi normalità e per fare questo, molto spesso, sono necessarie delle analisi preliminari. Una volta confermato questo aspetto è possibile partire con l'analisi; è importante evidenziare quale sia l'orientamento di quest'ultima: i SEM non cercano di modellare le singole osservazioni, bensì le varianze e le covarianze. Per questo l'equazione fondamentale alla base dell'approccio SEM è:

$$\Sigma = \Sigma(\theta)$$

dove Σ è la matrice di covarianza delle variabili osservate, θ è il vettore che contiene i parametri del modello e $\Sigma(\theta)$ è la matrice di covarianza espressa in funzione dei parametri del modello. L'uguaglianza sussiste se il modello è correttamente specificato e i parametri sono noti; quello che in realtà molto spesso succede è che i parametri siano in parte incogniti e che si disponga di S , matrice di covarianza campionaria delle variabili osservate (e non di Σ).

Vale la pena partire dall'inizio. Quando un ricercatore inizia ad analizzare un particolare fenomeno non sperimentale, sia esso sociologico piuttosto che economico, egli si trova ad affrontare due problematiche generali: la misurazione e la causalità (come già discusso in precedenza).

Per quanto riguarda la prima tematica, la misurazione, il problema si può risolvere adottando uno dei due grandi approcci entrambi di derivazione psicometrica: l'analisi fattoriale ed i modelli di misurazione. Nella seconda tematica sono inseriti invece quei modelli causali, provenienti dalla tradizione prevalentemente sociologica ed econometrica. I Modelli Lisrel o SEM (*Structural Equation Models*), compongono una classe di modelli che permettono di trattare in modo unitario queste problematiche. Risulterà piuttosto evidente, in particolare, che modelli di misurazione, analisi fattoriale e modelli causali non sono altro che forme particolari del più generale modello Lisrel.

La formulazione di tale modello, nella sua accezione più generale, può essere espressa tramite tre equazioni matriciali di seguito riportate:

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta$$

$$Y = \Lambda_Y \eta + \varepsilon$$

$$X = \Lambda_X \xi + \delta$$

Quello sopra riportato è il caso di un modello Lisrel completo, nel quale sono presenti quattro tipi di variabili (X , Y , ξ e η), oltre ai termini di errore (ζ , ε e δ), alle quattro matrici di coefficienti di regressione (Λ_Y , Λ_X , B e Γ) e alle quattro matrici di covarianza (Φ , Ψ , Θ_ε e Θ_δ), tutti riassunti nella tabella 3.1. Molto di frequente il modello si presenta in forma parziale, questo perché al ricercatore può non interessare studiare tutte le relazioni esistenti fra le variabili.

Tabella 3.1: elementi di un SEM

Y (ipsilon)	variabili endogene osservate
η (eta)	variabili endogene latenti
X (ics)	variabili esogene osservate
ξ (ksi)	variabili esogene latenti
ζ (zeta)	termine d'errore del modello causale
ε (epsilon)	termine d'errore del modello di misura delle variabili endogene
δ (delta)	termine d'errore del modello di misura delle variabili esogene
Λ_Y (lambda ipsilon)	matrice dei pesi fattoriali per il modello di misura delle variabili endogene
Λ_X (lambda ics)	matrice dei pesi fattoriali per il modello di misura delle variabili esogene
B (beta)	matrice dei coefficienti che legano variabili latenti endogene
Γ (gamma)	matrice dei coefficienti che legano variabili latenti endogene ed esogene
Φ (phi)	matrice di varianze e covarianze delle variabili latenti esogene
Ψ (psi)	matrice di varianze e covarianze degli errori nelle equazioni strutturali
Θ_ε (theta epsilon)	matrice di varianze e covarianze degli errori nel modello di misura per variabili endogene
Θ_δ (theta delta)	matrice di varianze e covarianze degli errori nel modello di misura per variabili esogene

3. 1. 2. 1 Analisi fattoriale

L'analisi fattoriale (esplorativa o confermativa) costituisce la fase preliminare allo studio vero o proprio: esso serve ad associare alle diverse variabili latenti gli opportuni indicatori (variabili osservate). È bene però chiarire la netta

differenza fra l'approccio esplorativo e quello confermativo all'analisi fattoriale.

L'analisi fattoriale esplorativa (EFA – *Explanatory Factor Analysis*) non richiede la conoscenza a priori di un modello dettagliato delle relazioni esistenti tra variabili osservate e fattori latenti. A tale fonte di indeterminatezza si aggiungono altri aspetti: molto spesso il numero di fattori coinvolti nel modello non è noto prima dello svolgersi delle analisi stesse; tutte le variabili latenti tipicamente possono influenzare tutte le variabili osservate (non si conoscono cioè a priori particolari restrizioni per la matrice Λ_x contenente i *factor scores*) e non è possibile ipotizzare una correlazione tra errori di misura (δ) per motivi di identificazione del modello.

Al contrario, l'analisi fattoriale confermativa (CFA – *Confirmatory Factor Analysis*) è il modello teorico costruito preliminarmente alla stima dello stesso: il numero di variabili latenti è determinato dal ricercatore, il modo in cui un certo fattore influenza le variabili osservate è specificato a priori (alcuni parametri della matrice Λ_x possono quindi essere fissati a zero, o ad una qualche altra costante), gli errori di misura possono essere correlati ed è richiesta una verifica preventiva dello stato di identificazione dei parametri del modello.

Nella realtà dei fatti, la distinzione tra EFA e CFA è meno precisa di quanto possa emergere dalle definizioni teoriche. Ad esempio, i ricercatori usano tradizionalmente le procedure esplorative per restringere la loro analisi ad un gruppo di indicatori che, secondo convinzioni a priori, possono essere influenzati da un certo fattore. Per fare questo si utilizza un modello non esplicito che porta, poi, ad un modello di tipo confermativo, supportato quindi da teorie o studi precedenti. Infine è necessario precisare che, per il modello di analisi fattoriale (sia di tipo esplorativo che confermativo), ed in generale per tutti quei modelli che coinvolgono variabili latenti, è necessario definire una metrica per tali variabili, ovvero risulta indispensabile fissare un'origine ed un'unità di misura (scala). In relazione all'origine si ha che i modelli della classe SEM (di cui l'analisi fattoriale è una specificazione) non impongono vincoli sulle medie, né delle variabili osservate né di quelle latenti. Senza perdita di generalità quindi si considerano le variabili osservate come scarti dalla loro media, e quindi sia le medie delle variabili osservate sia le medie

delle variabili latenti sono esattamente pari a zero. In relazione all'unità di misura, essa può essere fissata in diversi modi tra i quali i più usati sono:

- porre la varianza della variabile latente in esame pari ad uno;
- definire la scala della variabile latente uguale a quella di un suo indicatore.

Il modello generale per l'analisi fattoriale è, come già affermato, un sottomodulo della formulazione generale SEM, e si può rappresentare con la seguente equazione:

$$\mathbf{X} = \mathbf{\Lambda}_x \boldsymbol{\xi} + \boldsymbol{\delta}$$

Le caratteristiche sostanziali di tale modello e le assunzioni che lo accompagnano sono le seguenti:

1. Nell'analisi fattoriale esplorativa non si pone alcuna restrizione alla matrice dei coefficienti $\mathbf{\Lambda}_x$, mentre nell'analisi fattoriale confermativa le variabili osservate possono dipendere da uno o più variabili latenti.
2. La matrice $\mathbf{\Lambda}_x$ contiene i coefficienti che esprimono gli effetti delle variabili latenti sulle variabili osservate.
3. Convenzionalmente, tutte le variabili all'interno dei vettori \mathbf{X} e $\boldsymbol{\xi}$ sono scritte come deviazioni dalle rispettive medie.
4. Le due assunzioni che riguardano il termine di errore sono:

$$E(\boldsymbol{\delta}) = \mathbf{0} \text{ e } E(\boldsymbol{\xi} \boldsymbol{\delta}') = \mathbf{0}$$

5. Il vettore contenente gli errori di misura $\boldsymbol{\delta}$ può essere scomposto in due componenti:

$$\boldsymbol{\delta} = \mathbf{s} + \mathbf{e}$$

(dove \mathbf{s} rappresenta la varianza specifica associata a ciascuna variabile ed \mathbf{e} è la rimanente componente casuale in \mathbf{x}).

Assieme le due componenti formano il cosiddetto "unique factor" di \mathbf{x} . Entrambe le componenti sono errori di misura in \mathbf{x} rispetto a $\boldsymbol{\xi}$ e sono incorrelate sia con $\boldsymbol{\xi}$ stessa sia le une con le altre variabili.

6. Nell'analisi fattoriale esplorativa si assume inoltre che la matrice di varianza-covarianza degli errori di misura ($\boldsymbol{\Theta}_\delta$) sia diagonale.
7. Non si fa alcuna restrizione, tranne che per permettere l'identificazione del modello (come si vedrà tra breve) o per convinzioni del ricercatore

in un contesto confermativo, sulla matrice di varianza-covarianza delle variabili latenti (Φ).

La stima del modello sopra riportato, non parte dalla minimizzazione di una funzione dei valori individuali osservati e predetti (come accade ad esempio nel modello di regressione lineare), ma da una minimizzazione della differenza tra le covarianze campionarie e le covarianze predette dal modello. L'ipotesi fondamentale per questo tipo di procedura è che la matrice di covarianza delle variabili osservate implicata dal modello sia funzione di un certo numero di parametri. La formalizzazione di tale concetto può essere così espressa:

$$\Sigma = \Sigma(\theta) \quad (3.1)$$

In questa uguaglianza (già presentata nell'introduzione ai SEM) Σ rappresenta la matrice di covarianza delle variabili osservate, θ rappresenta un vettore che contiene i parametri del modello e $\Sigma(\theta)$ rappresenta la matrice di covarianza scritta in funzione di θ . Se le variabili x sono espresse come scarti dalle rispettive medie, la matrice di covarianza delle x stesse è pari al valore atteso di xx' . La matrice di covarianza di x può quindi essere scritta in funzione dei parametri θ nel seguente modo:

$$\begin{aligned} \Sigma(\theta) &= E(xx') \\ &= E[(\Lambda_X \xi + \delta)(\xi' \Lambda_X' + \delta)] = \Lambda_X E(\xi \xi') \Lambda_X' + \Theta_\delta \\ &= \Lambda_X \Phi \Lambda_X' + \Theta_\delta \end{aligned} \quad (3.2)$$

La varianza di ciascuna variabile X può dunque essere scomposta in due componenti ortogonali:

- la prima, definita "*communality*" rappresenta la varianza delle variabili osservate spiegate dai fattori ($\Lambda_X \Phi \Lambda_X'$);
- la seconda, definita "*unique variance*", è invece la parte di varianza che rimane dopo la "spiegazione" dei fattori (Θ_δ).

Un problema fondamentale da affrontare nell'effettuare l'analisi fattoriale è quello dell'identificazione.

Nel caso dell'analisi fattoriale esplorativa, il problema dell'identificazione riguarda la possibilità di individuare univocamente i parametri incogniti θ a

partire dagli elementi (distinti) di Σ . Un modello è detto globalmente identificato se, dati due vettori θ_1 e θ_2 si ha che $\Sigma(\theta_1) = \Sigma(\theta_2)$ se e soltanto se $\theta_1 = \theta_2$. Senza ulteriori restrizioni il modello presenta una sottoidentificazione (ovvero un'indeterminatezza), connessa al fatto che le matrici ξ e Λ_x possono rispettivamente essere rimpiazzate da $M\xi$ e $\Lambda_x M'$, essendo M una qualsiasi matrice ortogonale di ordine k , senza tuttavia modificare il sistema di equazioni del modello e la struttura di covarianza implicata (Lawley e Maxwell, 1971). Affinché il modello di analisi fattoriale esplorativa sia identificato risulta necessario imporre k^2 restrizioni indipendenti. Solitamente tali restrizioni vengono ad interessare due diverse matrici coinvolte nel modello:

- $\frac{1}{2} k (k + 1)$ restrizioni sono imposte ponendo $\Phi = I$ (fissazione dell'unità di misura e ricerca della struttura semplice);
- e rimanenti restrizioni, in un contesto SEM, sono poste in fase di specificazione del modello e vanno a coinvolgere alcuni elementi di Λ_x opportunamente distribuiti (tipicamente in righe e colonne diverse).

Nel caso dell'analisi fattoriale confermativa il problema dell'identificazione si affronta in un modo diverso.

Lo stato di identificazione può essere valutato esplicitando tutte le equazioni che legano le varianze e le covarianze (o correlazioni) e i parametri strutturali, analizzando se per ciascuno di essi esiste una soluzione unica. Tale procedura esplicita può però divenire molto complessa nel momento in cui i parametri del modello e le variabili osservate crescono di numerosità. Ecco dunque che per particolari situazioni sono state proposte alcune regole che permettono di definire in modo molto semplice l'identificabilità del modello. Di seguito sono presentate le condizioni necessarie e sufficienti di identificazione più comuni, riassunte in *Tabella 3.1*.

Le basi della *regola t* stanno nella specificazione di $\Sigma(\theta)$ proposta in (3.2), ovvero:

$$\Sigma(\theta) = \Lambda_x \Phi \Lambda_x' + \Theta_\delta.$$

La matrice Λ_x ha dimensioni $q \times n$, la matrice Φ contiene al suo interno $\frac{1}{2} k (k+1)$ parametri non ridondanti (essendo k il numero di fattori considerato) e Θ_δ comprende, ammettendo la presenza di correlazione tra errori di misura,

$\frac{1}{2} p (p+1)$ parametri (essendo p il numero di variabili osservate). Di conseguenza $\Sigma(\theta)$ è decomposta in $qn + \frac{1}{2} k (k+1) + \frac{1}{2} p (p+1)$ elementi in θ usando soltanto $\frac{1}{2} p (p+1)$ elementi noti nella matrice di covarianza delle variabili osservate. La regola t richiede che $t \leq \frac{1}{2} p (p+1)$ dove t è il numero di parametri liberi in θ . In altre parole il numero di parametri liberi (t) deve essere minore od uguale al numero di elementi non ridondanti della matrice di covarianza delle X . La regola t è una condizione necessaria per l'identificazione, ma non sufficiente.

Una condizione sufficiente per l'identificazione del modello, anche se non necessaria, è la *regola dei tre indicatori*, ovvero un modello ad un fattore è identificato se esso presenta almeno tre *factor loadings* non ristretti a zero ed una matrice Θ_{δ} diagonale. Se il modello presenta più di tre indicatori per quel dato fattore, allora esso risulta essere sovra-identificato. Un modello multi-fattoriale è invece identificato quando valgono contemporaneamente le seguenti affermazioni:

1. il modello presenta tre o più indicatori per ciascuna variabile latente;
2. ogni riga di Λ_X presenta un solo elemento diverso non ristretto a zero;
3. la matrice Θ_{δ} è diagonale;
4. non ci sono restrizioni per la matrice Φ .

La *regola dei due indicatori* è una condizione alternativa sufficiente per modelli di misura che presentano più di un fattore (proposta da *Wiley, 1973; Kenny, 1979*). Come la regola dei tre indicatori essa richiede che la matrice Θ_{δ} sia diagonale. In questo caso però l'avere due indicatori per ciascun fattore è sufficiente per identificare il modello di misura se la complessità di ciascun fattore è pari ad uno (ovvero ogni riga di Λ_X presenta un solo elemento diverso non ristretto a zero) e se non sono ipotizzate restrizioni zero per la matrice Φ . Questa regola può essere ulteriormente generalizzata, consentendo l'identificazione del modello sotto le seguenti condizioni:

1. ogni riga di Λ_X presenta un solo elemento diverso non ristretto a zero;
2. ci sono almeno due indicatori per ciascun fattore;
3. ogni riga di Φ presenta almeno un elemento al di fuori della diagonale non ristretto a zero;
4. la matrice Θ_{δ} è diagonale.

La differenza con quanto detto precedentemente risiede nel fatto che alcuni elementi esterni alla diagonale principale della matrice Φ possono essere imposti pari a zero. Regole di questo tipo non coprono però tutte le specifiche formulazioni sia in un contesto di analisi fattoriale confermativa (come per esempio, il caso in cui la matrice Θ_{δ} non sia diagonale) sia in un contesto di formulazione generale.

A fronte di tali situazioni è comunque possibile ricorrere a test empirici di identificazione che possono essere applicati a qualsiasi modello della classe SEM sui quali non ci soffermeremo in questa trattazione.

Tabella 3.1: regole di identificazione nell'analisi fattoriale confermativa

REGOLA DI IDENTIFICAZIONE	CONDIZIONI IMPOSTE	CONDIZIONE NECESSARIA	CONDIZIONE SUFFICIENTE
Regola t	$t \leq \frac{1}{2} p(p+1)$	SI'	NO
Regola 3 indicatori	$k \geq 1$ 3 o più indicatori per fattore un elemento non zero per ogni riga di Λ_x Θ_{δ} diagonale	NO	SI'
Regola 2 indicatori			
Regola A	$k \geq 1$ $\phi_{ij} \neq 0$ per ogni i e j 2 o più indicatori per fattore un elemento non zero per ogni riga di Λ_x Θ_{δ} diagonale	NO	SI'
Regola B	come sopra, salvo $\phi_{ij} \neq 0$ per almeno una coppia di i e j , con $i \neq j$	NO	SI'

3. 1. 2. 2 Formulazione del modello

In termini matriciali la formulazione del modello Lisrel generale può essere così rappresentata:

$$\boldsymbol{\eta} = \mathbf{B}\boldsymbol{\eta} + \boldsymbol{\Gamma}\boldsymbol{\xi} + \boldsymbol{\zeta} \quad (3.3)$$

$$\mathbf{Y} = \boldsymbol{\Lambda}_Y \boldsymbol{\eta} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (3.4)$$

$$\mathbf{X} = \boldsymbol{\Lambda}_X \boldsymbol{\xi} + \boldsymbol{\delta} \quad (3.5)$$

cui si aggiungono le matrici di covarianza implicate, ovvero $\boldsymbol{\Theta}_\delta$, $\boldsymbol{\Theta}_\varepsilon$, $\boldsymbol{\Phi}$ e $\boldsymbol{\Psi}$.

Il sistema di equazioni strutturali è dunque composto di due sottosistemi già presentati nell'introduzione: il modello strutturale e il modello di misura.

Il primo sottomodello (quello strutturale) è rappresentato dall'equazione (3.3) e tratta delle relazioni causali esistenti tra variabili latenti.

In esso compaiono:

- i tre vettori delle variabili endogene, esogene e degli errori, rappresentati rispettivamente da $\boldsymbol{\eta}$, $\boldsymbol{\xi}$ e $\boldsymbol{\zeta}$. I vettori $\boldsymbol{\eta}$ e $\boldsymbol{\zeta}$ contengono m elementi (dove m corrisponde al numero di variabili endogene); il vettore $\boldsymbol{\xi}$ contiene n elementi (dove n indica il numero di variabili esogene);
- le due matrici dei coefficienti strutturali coinvolgenti le variabili latenti, rappresentate da \mathbf{B} e $\boldsymbol{\Gamma}$. La prima matrice contiene $m \times m$ elementi, cioè è una matrice quadrata di dimensione pari al numero delle variabili endogene. La diagonale di \mathbf{B} è inoltre sempre costituita da tutti 0, in quanto ad essi corrispondono i coefficienti di regressione di ogni variabile con se stessa. Il modello, inoltre, per rendere possibile la scrittura in forma ridotta, si assume che $(\mathbf{I} - \mathbf{B})$ sia non singolare, ovvero che esista $(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}$. La matrice $\boldsymbol{\Gamma}$ è invece di ordine $m \times n$.
- questa parte del modello per essere completamente specificata necessita di altre due matrici, $\boldsymbol{\Phi}$ e $\boldsymbol{\Psi}$. Entrambe, trattandosi di matrici di covarianza, sono matrici quadrate e simmetriche di ordine pari, rispettivamente, a $n \times n$ e $m \times m$. Includere nella specificazione del modello le correlazioni esistenti tra le variabili esogene $\boldsymbol{\xi}$ ($\boldsymbol{\Phi}$) è una conseguenza dell'esigenza di considerare le relazioni esistenti tra le

variabili presenti in modo esplicito nel modello. Meno intuitiva può essere la funzione della matrice Ψ : essa permette di includere nel modello l'effetto di variabili da questo escluse ma invece operanti nella realtà dei dati osservati. Nel caso di un modello esattamente specificato, cioè includente tutte le variabili effettivamente importanti nella realtà e le loro dinamiche, la componente errore stocastico di ogni equazione strutturale rappresenta effettivamente una piccola e trascurabile entità. Nella pratica della ricerca, tuttavia, in questa componente saranno incluse anche tutte le variabili sconosciute che in realtà agiscono sulla dipendente ma che non sono presenti nel modello in quanto non note o non misurabili. Se una di queste variabili sconosciute agisce contemporaneamente su due variabili endogene e non si è a conoscenza di questo effetto, che quindi non viene incluso esplicitamente nel modello, il risultato sarà quello di ottenere una correlazione tra due endogene che in realtà non esiste, ovvero una correlazione spuria.

Ora invece chiariremo il ruolo delle due restanti equazioni ((3.4) e (3.5)): esse coinvolgono i legami esistenti tra le variabili latenti ed i loro indicatori, cioè le corrispondenti variabili osservate, e vanno a comporre il sottomodulo di misura. Esse affrontano quindi non il problema della misurazione, non più quello dei rapporti di causalità. Nella realtà dei fatti, il problema della misurazione non viene trattato statisticamente in modo diverso da quello causale, in quanto il legame tra variabile latente e variabile osservata è trattato nei termini di un nesso causale che va dalla prima alla seconda. Il sottomodulo di misura è composto a sua volta da due parti, la prima indicante le relazioni tra indicatori e fattori endogeni (equazione (3.4)), la seconda indicante invece la relazione tra variabili osservate e variabili latenti esogene (equazione (3.5)). La discussione qui presentata si basa sulla formulazione (3.5) in quanto essa, per analogia, può essere riferita completamente al caso di variabili endogene modificando opportunamente la notazione. Nell'equazione (3.5) sono presenti le seguenti matrici e vettori:

- i tre vettori delle variabili esogene osservate, esogene latenti e degli errori. I vettori \mathbf{X} e $\boldsymbol{\delta}$ contengono q elementi (dove q indica il numero di variabili osservate X); il vettore $\boldsymbol{\xi}$ contiene invece n elementi;
- la matrice dei coefficienti strutturali tra le variabili osservate e le variabili latenti, rappresentata con il simbolo $\mathbf{\Lambda}_X$, di dimensioni $q \times n$;
- la matrice di covarianza tra gli errori $\boldsymbol{\delta}$, indicata con il simbolo $\boldsymbol{\Theta}_\delta$. Tale matrice risulta essere quadrata e simmetrica di ordine $q \times q$.

Le assunzioni su cui poggiano le equazioni appena presentate possono essere così riassunte:

1. le variabili sono misurate in termini di scarti dalla loro medie, cioè:

$$E(\eta) = E(\zeta) = E(\xi) = 0$$

$$E(Y) = E(\varepsilon) = 0$$

$$E(X) = E(\delta) = 0$$

2. le variabili indipendenti e gli errori sono tra loro incorrelati, nelle stesse equazioni:

$$E(\xi\xi') = 0$$

$$E(\eta\varepsilon') = 0$$

$$E(\xi\delta') = 0$$

e tra equazioni diverse:

$$E(\eta\delta') = 0$$

$$E(\xi\varepsilon') = 0$$

3. gli errori nelle diverse equazioni sono tra loro incorrelati:

$$E(\zeta\varepsilon') = E(\zeta\delta') = E(\varepsilon\delta') = 0$$

4. nessuna delle equazioni strutturali deve essere ridondante, cioè \mathbf{B} è non singolare. In altre parole le equazioni del modello che esprimono le varie η devono essere equazioni tra loro indipendenti, il che significa che nessuna variabile endogena η può essere combinazione lineare di altre variabili endogene.

Anche in questo tipo di modelli si presenta il problema dell'unità di misura; analogamente a quanto proposto nell'analisi fattoriale, le vie che si possono seguire sono due:

1. il primo consiste nell'assegnare alle variabili latenti una varianza pari ad 1, così da renderle standardizzate. Questo criterio è applicabile solamente alle variabili ξ , in quanto la varianza delle latenti endogene non fa parte dei parametri primari del modello. Poiché la varianza del vettore η è esprimibile come funzione di Φ e di Ψ , per applicare il suddetto criterio è sufficiente uguagliare ad 1 le varianze del termine di errore nelle equazioni, ovvero porre la diagonale principale di Ψ uguale al vettore unitario;
2. il secondo criterio, applicabile allo stesso modo ad entrambe le tipologie di latenti, consiste nell'attribuire al fattore latente la stessa metrica di una delle variabili osservate da essa dipendenti. Ciò si realizza assegnando il valore 1 al parametro λ che lega la variabile osservata prescelta e la latente.

Infine, anche in questo contesto, è fondamentale affrontare il tema dell'identificazione.

L'analisi dello stato di identificazione del modello consiste, in parole semplici, nell'assicurarsi che il modello costruito porti ad un'unica soluzione, ovvero che i parametri coinvolti siano univocamente determinati. In generale il modo concettualmente più semplice per dimostrare che il modello è identificato sfrutta una regola algebrica: semplicemente si esprimono tutti i parametri incogniti in funzione delle varianze-covarianze tra le osservate e si dimostra che tutte le equazioni sono risolubili. Se tutti i parametri sono esprimibili in funzione delle varianze e covarianze tra le variabili osservate in modo univoco, allora il modello è identificato.

Spesso però questo sistema non è lineare e, soprattutto, la sua applicazione cresce di difficoltà con l'aumentare della complessità del modello. Per ovviare a tali problematiche si dispone di una condizione necessaria ma non sufficiente, nota come *regola t*. Tale regola richiede al modello di non presentare più incognite che equazioni, cioè di non avere più parametri da stimare che coefficienti di varianza-covarianza tra le variabili osservate. Definito con t il numero di parametri incogniti, con p il numero di variabili Y e con q il numero di variabili X , la regola può essere così rappresentata:

$t \leq \frac{1}{2} (p + q) (p + q + 1)$ in quanto gli elementi non ridondanti della matrice Σ sono esattamente pari a questa quantità.

Una seconda metodologia consiste nell'*analisi dello stato di identificazione in due passi*. Essa, come il nome stesso suggerisce, è composta da due parti: nel primo passo si procede all'identificazione del sotto-modello di misura (come se si operasse con un modello di analisi fattoriale confermativa) e se, e soltanto se, il modello di misura risulta identificato è possibile passare al secondo passaggio nel quale si procede con l'identificazione del sotto-modello strutturale (come se si operasse con un SEM con sole variabili osservate). La tabella 3.2 riassume le regole di identificazione disponibili per i modelli strutturali. La regola *t*, la regola di nullità della matrice **B** e la regola ricorsiva sono condizioni utili per vagliare il grado di identificazione del modello strutturale nel suo complesso. La prima è solo una condizione necessaria, ma la seconda e la terza sono invece condizioni sufficienti. La *regola t* risulta essere la più generale e può essere applicata indistintamente a qualsiasi tipologia di modello strutturale. La regola di nullità della matrice **B** è appropriata nel momento in cui $B=0$, indipendentemente dalla forma della matrice Ψ .

Tabella 3.2: regole di identificazione nei sottomodelli strutturali

REGOLA DI IDENTIFICAZIONE	VALUTAZIONI	CONDIZIONI IMPOSTE	CONDIZIONE NECESSARIA	CONDIZIONE SUFFICIENTE
Regola <i>t</i>	Modello	$t \leq 1/2 (p + q) (p + q + 1)$	SI'	NO
Regola della nullità di B	Modello	B = 0	NO	SI'
Regola Ricorsiva	Modello	B triangolare inferiore Ψ diagonale	NO	SI'
Condizione di ordine	Equazione	restrizioni $\geq p - 1$ Ψ libera	SI'	NO
Condizione di rango	Equazione	rango (C _i) = $p - 1$ ²⁸ Ψ libera	SI'	SI'

La *regola ricorsiva* è invece applicabile solamente nei casi in cui \mathbf{B} risulta essere triangolare inferiore e Ψ diagonale. Infine, le condizioni di rango e di ordine stabiliscono lo stato di identificazione di ciascuna equazione del sistema strutturale. Se ciascuna equazione soddisfa la condizione di rango, allora il modello è complessivamente identificato. Entrambe le condizioni assumono la non singolarità della matrice $(\mathbf{I} - \mathbf{B})$ e non impongono alcuna restrizione alla matrice Ψ .

3. 1. 2. 3 Valutazione del modello

La valutazione del modello è una parte fondamentale quando si parla di modelli Lisrel; si colloca alla fine dello studio ed è assolutamente necessaria per giudicare la bontà dei risultati ottenuti.

Per effettuare questa valutazione ci si serve di alcuni indici, ognuno dei quali ha un particolare significato e assume una particolare importanza rispetto a quale aspetto dell'adattamento del modello stiamo considerando.

Alla base di ogni indice di adattamento complessivo del modello c'è lo scarto $\mathbf{S} - \Sigma$ e questo deve poter essere formulato nei termini di una distribuzione statistica nota in modo da poter prescindere, nel confronto tra i due valori di \mathbf{S} e di Σ , dalle oscillazioni stocastiche di campionamento.

La distribuzione asintotica di $(N-1)F_{ML}$ è un χ^2 con $\frac{1}{2} p(p + 1) - t$ gradi di libertà dove, riprendendo la notazione utilizzata in precedenza, p indica il numero di variabili osservate e t il numero di parametri liberi, mentre F_{ML}^1 indica la funzione di stima valutata nel punto di minimo (ovviamente questo computo dei gradi di libertà si adatta a questo contesto). L'ipotesi nulla sottoposta a verifica dal test Chi-quadro risulta essere $H_0 : \Sigma = \Sigma(\theta)$, ovvero il test presentato mira alla verifica della correttezza delle restrizioni di sovra-identificazione.

In realtà il valore stimato della statistica Chi-quadro deve essere utilizzato con cautela poiché:

¹ F_{ML} è un'opportuna funzione di \mathbf{S} e di Σ , la cui minimizzazione è fondamentale per ottenere le stime.

- l'accuratezza dell'approssimazione di tale statistica dipende dalla distribuzione delle variabili osservate. *Browne (1974, 1982)* dimostra come la statistica in questione possa essere indicata come statistica Chi-quadro soltanto se le variabili osservate non presentano eccessiva curtosi;
- l'accuratezza dell'approssimazione può essere influenzata dalla scelta da parte del ricercatore di considerare come base per la stima del modello la matrice di correlazione piuttosto che di covarianza tra le variabili, in relazione a modelli che trattano simultaneamente diversi campioni indipendenti;
- la stessa approssimazione può essere influenzata dalla numerosità campionaria: gli studi di simulazione condotti da *Boomsma (1983)* suggeriscono che lo stimatore $(N-1)F_{ML}$ della statistica Chi-quadro non risulta accurato per campioni con numerosità inferiore a 50. Inoltre tutte le statistiche che fanno riferimento al χ^2 vedono aumentare il loro valore proporzionalmente all'aumentare del numero di casi (*Blalock, 1961*). Se il campione è molto grande un modello buono (prossimo cioè alla realtà) mostrerà dunque sempre uno scarto tra valori stimati e valori osservati piuttosto elevato, e quindi una statistica Chi-quadro significativa che potrebbe indicare al ricercatore di respingere l'ipotesi nulla e quindi il modello;
- l'approssimazione assume inoltre che l'ipotesi nulla sia esattamente verificata. Nei casi reali però non sempre è possibile assumere che il modello formulato fornisca una rappresentazione accurata e completa della realtà, ma l'obiettivo cui si mira è decisamente più modesto: determinare un modello che incontri ragionevolmente quanto indicato dai dati. Un adattamento perfetto può quindi, in molti casi, essere uno standard non adeguato ed un valore elevato della statistica Chi-quadro può in realtà indicare che l'ipotesi nulla, per quel dato modello, non vale esattamente ma solo approssimativamente.

Per non dover fare i conti con queste problematiche, sono state proposte in letteratura diverse misure alternative di adattamento generale del modello.

Questi indicatori della bontà di adattamento del modello ai dati spesso si presentano in forma normalizzata (cioè con campo di variazione [0, 1]) per facilitarne la lettura, ma non è dato conoscere la distribuzione probabilistica da essi seguita. *Jöreskog e Sörbom (1986)* propongono un indice di bontà di adattamento definito GFI (*Goodness of Fit Index*) così definito:

$$GFI = 1 - F[S, \Sigma(\zeta)] / F[S, \Sigma(0)]$$

dove il numeratore del rapporto è il minimo della funzione di adattamento del modello stimato, mentre il denominatore è la funzione di adattamento prima che qualunque modello sia stato stimato (ovvero il modello nel quale tutti i parametri sono fissati a zero). Questa misura assume valori compresi tra 0 (pessimo adattamento modello-dati) ed 1 (perfetto adattamento). Questo indice oltre ad essere facilmente interpretabile, offre la possibilità di confrontare modelli stimati su insiemi diversi di dati. Tale formulazione presenta però il difetto di non tenere conto dei gradi di libertà, e quindi non valuta la parsimoniosità del modello: per questo motivo i due autori ne hanno proposto una versione modificata, *l'Adjusted Goodness of Fit Index* (AGFI), così definito:

$$AGFI = 1 - [p(p+1) / d] (1 - GFI)$$

dove d rappresenta il numero di gradi di libertà della statistica Chi-quadro, ($d = [p(p+1) / 2] - t$). Anche in questo caso l'indice può assumere valori tra 0 e 1, con lo stesso significato che assumono per la versione non aggiustata dell'indice. In riferimento all'influenza della numerosità campionaria si può dimostrare come il calcolo dei due indici proposti non sia influenzato da tale caratteristica del disegno di ricerca.

Nella discussione sulle principali problematiche che emergono dall'uso di $(N - 1)F_{ML}$ come statistica Chi-quadro centrale si è evidenziato come essa, in grandi campioni, porti a rigettare sistematicamente modelli che valgono solo approssimativamente nella popolazione. Per ovviare a tale limite sono state proposte in letteratura alcune misure di adattamento che tengono specificatamente in considerazione l'errore di approssimazione nella popolazione e la precisione della misura stessa di adattamento. Queste misure si basano su di una stima della *population discrepancy function*, definita come

$$F_0 = \text{Max} \{F_{\min} - [d / (N - 1)], 0\}$$

dove F_{\min} è il valore della funzione di adattamento al minimo. La statistica F_0 considera quindi la parsimonia del modello (attraverso i gradi di libertà d) e la numerosità campionaria (attraverso N). Essa è massimizzata per evitare che la correzione per gradi di libertà e numerosità campionaria porti ad un valore negativo. Un indice sintetico di adattamento basato sulla quantità suddetta è il *Root Mean Square Error of Approximation* (RMSEA) definito come

$$\text{RMSEA} = F_0 / d$$

che rappresenta una misura della discrepanza per grado di libertà. I valori soglia per questo indice sono 0.05 e 0.08: se l'indice assume un valore inferiore o al più uguale alla prima soglia si tratta di un modello con un ottimo adattamento (*close fit*), fino a 0.08 il modello si può considerare accettabile, nel caso quest'ultimo valore sia superato il modello non si può ritenere soddisfacente.

Il software statistico Lisrel, utilizzato per stimare il modello oggetto di studio, propone anche un intervallo di confidenza al 90% per RMSEA (che solitamente è soddisfacente se è compreso o uguale all'intervallo che va da 0 a 0.08) e un test per la verifica dell'ipotesi nulla $\text{RMSEA} < 0.05$, utili per valutare il grado di approssimazione del modello alla popolazione.

Questi primi indici si basano sui valori assunti dalla funzione di stima, mentre i prossimi di cui si discuterà fanno riferimento essenzialmente alla matrice dei residui stimati del modello. Un indice sintetico basato su queste quantità è stato proposto da *Jöreskog e Sörbom (1986)* ed è conosciuto con il nome di *Root Mean-square Residual* (RMR), calcolato come la radice quadrata della media dei residui al quadrato:

$$\text{RMR} = \sqrt{1/k \sum (s_i - \hat{\sigma}_{ij})^2}$$

dove $k = \frac{1}{2} p (p+1)$. Tale indice vale 0 qualora \mathbf{S} coincida con la matrice di covarianza stimata dal modello, ma non presenta un limite superiore. Esso deve essere inoltre interpretato in relazione alle dimensioni delle varianze e covarianze osservate in \mathbf{S} . Per questo motivo gli autori hanno proposto l'indice *Standardized RMR* che rappresenta l'analogo della statistica RMR calcolata però sui residui standardizzati (indipendenti cioè dall'unità di misura delle variabili); per questo indice sono indicatori di un buon adattamento valori inferiori a 0.1. Gli indici fin qui presentati rientrano nella grande classe delle misure assolute di *fitting* (adattamento).

Un'altra categoria di indici contiene quelli che hanno la funzione di misurare la proporzione di miglioramento confrontando il modello di interesse con uno più ristretto, solitamente conosciuto come modello base o nullo, nel quale tutte le variabili osservate non sono correlate tra loro. Tra questi indici i principali sono il *Comparative Fit Index* (CFI) e l'*Incremental Fit Index* (IFI) (Bentler, 1990): un buon modello presenta per questi indici un valore maggiore o uguale a 0.9.

Un ultimo indice di adattamento spesso utilizzato per la valutazione della parsimonia del modello risulta essere la stima della statistica Chi-quadro divisa per i corrispondenti gradi di libertà. Non c'è in letteratura un sostanziale accordo su quali valori di tale indicatore rappresentino un buon adattamento ai dati: solitamente si ritiene che un valore inferiore a 3 dimostri un buon livello di parsimoniosità. Tale indicatore, essendo pari a $(N-1)F_{ML}/d$, presenta ancora i problemi legati alla statistica Chi-quadro soprattutto in relazione alla numerosità del campione di riferimento. Un ultimo indice della parsimoniosità del modello, che può essere preso in considerazione, è il *Parsimony Normed Fit Index* (PNFI): un valore buono per questo indice supera 0.7.

3.2 Il modello

3. 2. 1 Il campione e la creazione del database

Innanzitutto è bene chiarire da dove provengono i dati utilizzati per questa analisi, ovvero quale sia il campione di rispondenti a questa indagine.

Si tratta di un'analisi svolta in 266 stabilimenti industriali operanti in tre diversi settori (Elettronico, Meccanico e Fornitori di componenti per il settore automobilistico) sparsi nel mondo, suddivisi in questo modo:

Austria	20 stabilimenti
Corea	31 stabilimenti
Finlandia	30 stabilimenti
Germania	41 stabilimenti

Giappone	35 stabilimenti
Italia	27 stabilimenti
Spagna	28 stabilimenti
Svezia	25 stabilimenti
USA	29 stabilimenti
<i>totale</i>	<i>266 stabilimenti</i>

Per arrivare a questo campione, però, ci sono stati diversi passaggi da seguire.

Il primo passaggio consisteva nell'individuare le imprese da far entrare nel campione, e questo è stato fatto seguendo questi criteri:

- Circa la metà degli stabilimenti sono stati casualmente selezionati da una lista di stabilimenti "*high performance reputation*". Tale lista è stata composta attraverso l'analisi della letteratura sul tema in esame e attraverso l'aiuto di esperti industriali. Questa scelta consente di avere a disposizione una buona rappresentanza di alcuni dei migliori stabilimenti nel mondo.
- L'altra metà del campione è stata casualmente selezionata da alcune liste che rappresentano la popolazione generale industriale.

A questo punto, i ricercatori aderenti al progetto di realizzare questo database si sono impegnati a contattare le aziende del proprio Paese e a raccoglierne i dati. Il tasso di risposta per il terzo round di ricerca (quello che ha fornito i risultati che saranno utilizzati in questa trattazione) è stato pari al 65%, ovvero il 65% delle aziende selezionate ed inserite nel campione ha accettato la partecipazione al progetto compilando il questionario.

La raccolta dei dati per questo progetto è avvenuto, appunto, tramite somministrazione di un questionario, compilato da diversi responsabili di ciascun stabilimento, costituito da una serie di item suddivisi in diverse aree, ciascuna riferita a specifici gruppi di tecniche *lean*, alla specificazione delle performance aziendali e ad indicazioni in merito al contesto aziendale dello stabilimento. In questo modo a ciascuna sezione del questionario è dedicato un particolare aspetto, indagato secondo diverse prospettive e attraverso diverse tipologie di domande. Le categorie sono le seguenti (per ciascuna categoria sono inoltre elencate alcune delle principali tecniche ad esse ricondotte):

1. Sistemi informativi (information technology): architettura software, sistemi di telecomunicazione, applicazione della I.T. e architettura, gestione delle informazioni esterne (*supplier quality control*) e gestione delle informazioni interne sulla qualità.
2. Ambiente: questa sezione del questionario include informazioni facenti riferimento alla complessità dell'ambiente, alla descrizione dello stabilimento, e ai prodotti, ai componenti e ai processi dello stesso.
3. Obiettivi e Performance: questo gruppo di item è volto a misurare le performance competitive in merito a costi, qualità, consegne e flessibilità, cui si aggiungono dati contabili in merito a costi, scarti, rilavorazioni e *cycle time*.
4. Risorse umane: attenzione alla collaborazione, incentivi ai suggerimenti da parte dei lavoratori, bassa gerarchizzazione dell'organizzazione, lavoratori multifunzione, reclutamento e selezione, piccoli gruppi per la risoluzione dei problemi e interazione facilitata con i supervisori.
5. Miglioramento: questo gruppo di item mira all'ottenimento di informazioni riguardanti i passi compiuti dall'azienda per raggiungere la piena implementazione del pensiero snello.
6. *Just in time*: rispetto della schedulazione giornaliera, layout delle attrezzature, *kanban*, *pull system*, riduzione dei tempi di set up e riduzione della dimensione dei lotti.
7. Qualità: miglioramento continuo, coinvolgimento dei clienti, *customer satisfaction*, responsabilizzazione alla qualità, controllo di processo e *Supplier Quality Management*.
8. Strategia: anticipazione delle nuove tecnologie, comunicazione della strategia di produzione, pianificazione strategica formale, integrazione tra le funzioni e macchinari di proprietà.
9. Tecnologia e *Mass customization*: processo di sviluppo nuovi prodotti, *Mass Customization*, modularità dei prodotti e livello di automazione.
10. Manutenzione: manutenzione preventiva e pianificata e manutenzione autonoma da parte dei lavoratori.

11. Sviluppo nuovi prodotti: coinvolgimento della produzione nel processo di sviluppo di nuovi prodotti, complessità dei progetti, priorità di progetto e coinvolgimento dei fornitori.
12. *Supply chain*: minimizzazione tempi di rifornimento, coordinazione e costruzione di relazioni basate sulla fiducia con i fornitori.

È bene sottolineare che il questionario contiene domande strutturate in modi differenti: gran parte del questionario è composta da item misurati su *scala di Likert* a sette modalità; per gli items necessari alla misurazione delle performance aziendali, che fanno riferimento al confronto delle prestazioni dello stabilimento con i concorrenti su scala globale, si osserva che le modalità della scala di Likert sono cinque, e non più sette; le rimanenti variabili non sono misurate attraverso scale ma fanno riferimento a domande a risposta multipla, percentualizzazioni di alcuni aspetti aziendali e domande aperte (questi items non verranno presi in considerazione in questo studio). Gli item misurati attraverso una scala di Likert possono essere graduati normalmente oppure in maniera inversa. Gli item appartenenti a questa tipologia mirano a misurare secondo quale grado una particolare tecnica di produzione (produzione intesa nel suo senso più ampio) è implementata in quel particolare stabilimento. Si ha quindi che, ad esempio, l'osservazione di un grado alto in corrispondenza di una scala a misurazione diretta indica una completa applicazione della tecnica in esame ("Gli addetti sono addestrati in modo tale da potersi sostituire ad altri, se necessario") mentre lo stesso valore in corrispondenza di una scala inversa, nella versione originale, comporta la conclusione della mancata implementazione della tecnica in esame ("I nostri tempi di set up sono irrimediabilmente lunghi"). È bene precisare che per gli items misurati con una scala inversa si è provveduto a effettuare una conversione del dato, in modo da dare una direzione "concorde" al punteggio assegnato ai vari dati.

Una volta definito il questionario, con le caratteristiche sopra chiarite, a ciascun stabilimento campionato che accettava di aderire al progetto di ricerca, dopo un primo contatto iniziale di spiegazione degli obiettivi, veniva finalmente somministrato il questionario. Ora, ciascuna sezione del questionario richiedeva l'impegno di una o più figure professionali, secondo

l'area aziendale e manageriale da essa colpita. Le figure professionali coinvolte sono state:

- Responsabile del controllo di gestione per la sezione Performance;
- Operaio dello stabilimento per le sezioni Risorse Umane, Strategia e Qualità;
- Responsabile delle Risorse Umane per le sezioni Ambiente e Risorse Umane;
- Responsabile Sistemi Informativi per la sezione Sistemi Informativi;
- Responsabile della Produzione per le sezioni Ambiente e JIT;
- Responsabile logistico e Gestione Scorte per le sezioni Ambiente, *Supply Chain*, JIT, Strategia, Qualità e Tecnologia;
- Membro del team sviluppo prodotti per le sezioni Tecnologia e Sviluppo nuovi prodotti;
- Ingegnere di processo per le sezioni Strategia, Qualità, Manutenzione e Tecnologia;
- Responsabile dello stabilimento per le sezioni Ambiente, Risorse Umane, Miglioramento, Strategia e Performance;
- Responsabile della qualità per le sezioni Risorse Umane, Strategia, Performance e Qualità;
- Supervisore per le sezioni *Supply Chain*, Risorse Umane, JIT, Strategia, Qualità, Manutenzione e Tecnologia;
- Direttore dello stabilimento per le sezioni Ambiente, *Supply Chain*, Risorse Umane, Miglioramento, Strategia, Qualità, Manutenzione e Tecnologia.

A questo punto, ogni stabilimento restituiva 12 questionari compilati in modo più o meno completo; quello che si è provveduto a fare è stato creare, per ogni stabilimento, un punteggio medio di risposta per ogni items. Proprio i dati contenuti in questo database che si è così creato, saranno quelli utilizzati in questa trattazione.

3. 2. 2 Gli items utilizzati

È bene precisare che, come premessa a questo studio, non è stata fatta alcuna analisi esplorativa; per individuare quali items fossero più adatti a misurare i diversi fattori latenti, si sono utilizzati precedenti studi già fatti su questo database da altri: uno studio di *Peng, Schroeder e Shah del 2007* ha fornito informazioni riguardo agli items più adatti a misurare improvement ed innovation; mentre uno studio di *Furlan, Dal Pont e Vinelli, del 2008*, ha individuato quali items meglio descrivevano il grado di implementazione delle pratiche del JIT e il livello di performance.

Quello che è stato fatto poi, è una semplice analisi confermativa che ha convalidato queste indicazioni.

Di seguito saranno elencati gli items utilizzati per misurare le variabili latenti di nostro interesse, presentate al capitolo 2.

IMPROVEMENT:

- QSVIN01 We strive to continually improve all aspects of products and processes, rather than taking a static approach.
(Piuttosto che adottare un approccio statico ci sforziamo di migliorare continuamente tutti gli aspetti riguardanti i prodotti e i processi.)
- TSEIN05 We search for continued learning and improvement, after the installation of new equipment.
(Cerchiamo di imparare e di migliorare continuamente dopo l'installazione degli impianti.)
- QSVIN03 Continuous improvement makes our performance a moving target, which is difficult for competitors to attack.
(Il miglioramento continuo rende le nostre prestazioni un obiettivo mobile, difficile da attaccare per i competitori.)
- QSVIN04 We believe that improvement of a process is never complete; there is always room for more incremental improvement.
(Siamo convinti che il miglioramento di un processo non sia mai completo; c'è sempre spazio per un ulteriore miglioramento.)

- QSVIN05 Our organization is not a static entity, but engages in dynamically changing itself to better serve its customers.
(La nostra azienda non è un'entità statica, ma cerca un cambiamento dinamico per servire in modo migliore i suoi clienti.)
- QSPSN08 We use charts to determine whether our manufacturing processes are in control.
(Usiamo carte di controllo per determinare se i nostri processi produttivi sono sotto controllo oppure no.)
- QSTPN02 Plant management provides personal leadership for quality products and quality improvement.
(Il management dello stabilimento fornisce personalmente guida e sostegno per ottenere prodotti di qualità ed il miglioramento della qualità stessa.)
- QSTPN06 Our plant management creates and communicates a vision focused on quality improvement.
(Il management dello stabilimento crea e comunica una visione centrata sul miglioramento della qualità.)

INNOVATION:

- SSR4N04 We pursue long-range programs, in order to acquire manufacturing capabilities in advance of our needs.
(Perseguiamo programmi di lungo termine per acquisire le capacità produttive in anticipo rispetto ai nostri fabbisogni.)
- SSR4N05 We make an effort to anticipate the potential of new manufacturing practices and technologies.
(Ci sforziamo di cogliere in anticipo il potenziale delle nuove tecnologie e dei nuovi metodi di gestione della produzione.)
- SSATN06 Our plant stays on the leading edge of new technology in our industry.
(Il nostro stabilimento è fra i più avanzati tecnologicamente nel nostro settore.)

- SSATN07 We are constantly thinking of the next generation of manufacturing technology.
(Riflettiamo costantemente sulle opportunità offerte dalla futura generazione di tecnologie produttive.)
- TSNPN03 Direct labor employees are involved to a great extent before introducing new products or making product changes.
(Gli operai sono ampiamente coinvolti prima dell'introduzione di nuovi prodotti o di modifiche di prodotti esistenti.)
- TSNPN06 We work in teams, with members from a variety of areas (marketing, manufacturing, etc.) to introduce new products.
(Nel processo di sviluppo di nuovi prodotti lavoriamo in gruppi di persone di aree diverse (marketing, produzione ecc.).)
- TSNPN13 We have reduced the time to introduce products by designing product and process together.
(Abbiamo ridotto il tempo di introduzione di nuovi prodotti mediante progettazione congiunta prodotto-processo.)

JUST IN TIME:

- JSFTN06 We usually complete our daily schedule as planned.
(Normalmente completiamo la schedulazione giornaliera come pianificato.)
- JSMHN06 The layout of our shop floor facilitates low inventories and fast throughput.
(La disposizione planimetrica (lay-out) dello stabilimento facilita rapidi attraversamenti e scorte ridotte.)
- JSVNN11 Suppliers frequently deliver materials to us.
(I fornitori effettuano consegne frequenti nei nostri confronti.)
- JSVCN01 Our customers receive just-in-time deliveries from us.
(I nostri clienti ricevono da noi consegne "just in time".)
- JSPLN06 We use a kanban pull system for production control.

(Utilizziamo un sistema kanban con logica a trazione (pull system) per il controllo della produzione.)

PERFORMANCE²:

- GRCPN01 Unit cost of manufacturing.
(Costi unitari di produzione)
- GRCPN02 Conformance to product specifications.
(Qualità dei prodotti (conformità))
- GRCPN03 On time delivery performance.
(Puntualità delle consegne)
- GRCPN04 Fast delivery.
(Velocità di consegna)
- GRCPN05 Flexibility to change product mix.
(Flessibilità al cambiamento di mix)
- GRCPN06 Flexibility to change volume
(Flessibilità al cambiamento di volume produttivo)

3. 2. 3 Modello e risultati

Una volta identificati gli indicatori delle diverse variabili latenti, oggetto di studio, è necessario presentare la struttura del modello in esame e, successivamente discuterne i risultati.

Nella figura 3.3 è presentata la struttura del modello, come viene proposta nell'output del software statistico LISREL, utilizzato per questo studio.

² Gli items scelti per misurare la performance utilizzano, a differenza di quelli indicati sopra, una scala da 1 a 5: la richiesta era quella di indicare, rispetto a questi diversi aspetti, come il proprio stabilimento nei confronti della concorrenza.

Figura 3.3: la struttura del modello

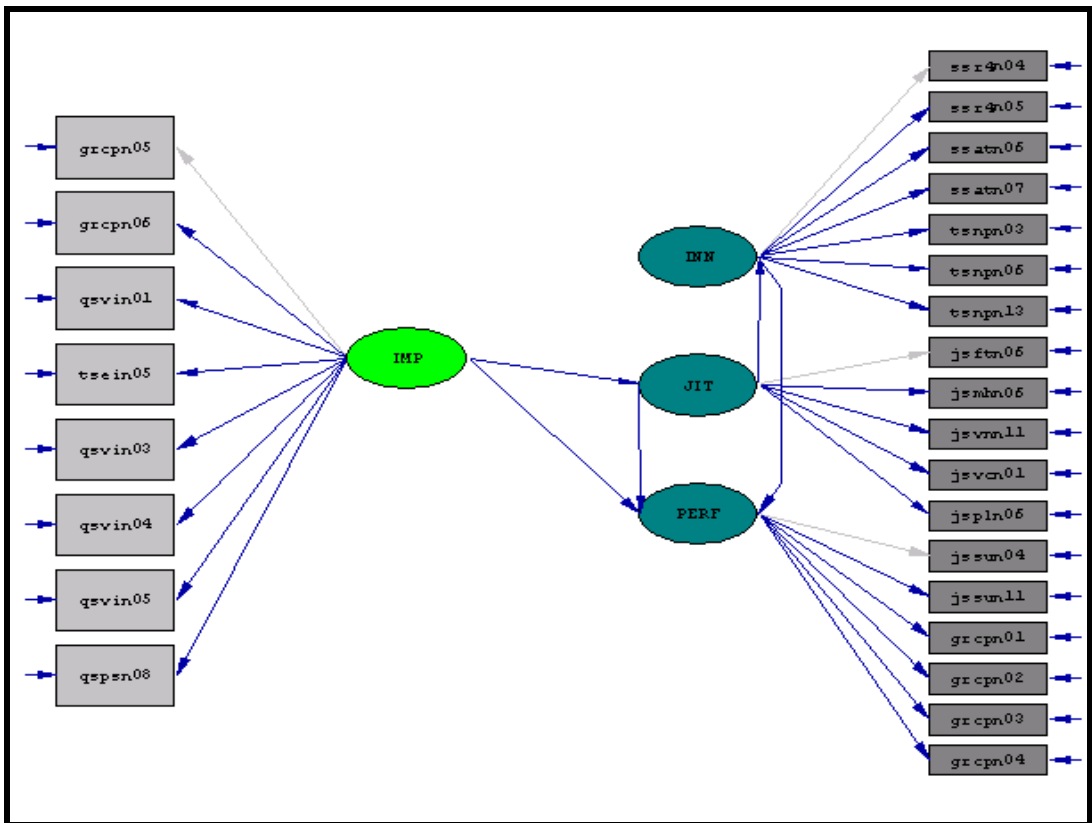
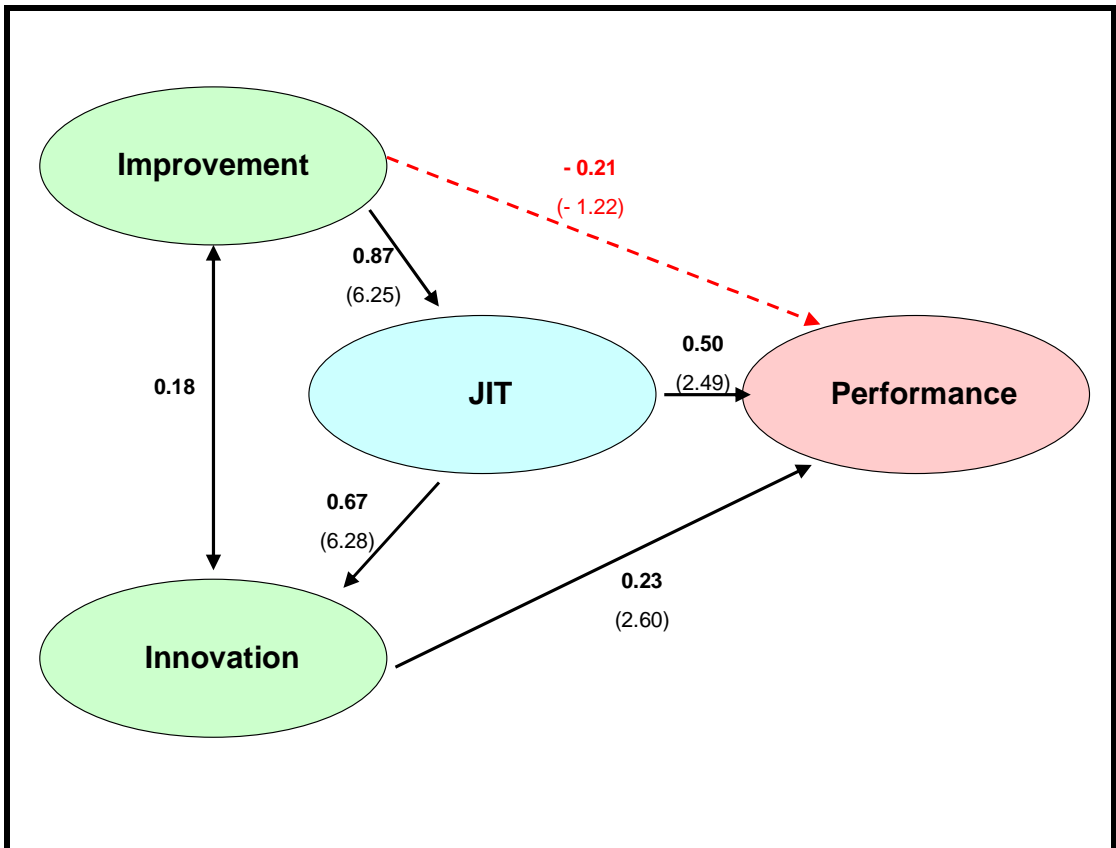


Figura 3.4: i risultati



A questo punto, però, è necessario associare dei valori a queste relazioni, e per fare questo è stata completata la rappresentazione usata alla fine del precedente capitolo (la cui interpretazione può risultare molto più chiara rispetto a quella del software), dove sono stati inseriti i valori stimati e i loro corrispondenti valori standardizzati (fra parentesi), in modo da poter verificare quali di essi siano significativi (figura 3.4).

La discussione di questi risultati sarà fatta nel prossimo capitolo, nel quale trarremo le conclusioni di tutto lo studio fin qui svolto.

Al momento può rivelarsi prioritario e di fondamentale importanza capire se il modello che è stato analizzato e che verrà discusso si può ritenere valido; per fare questo si ricorrerà agli indici per la valutazione del modello, presentati precedentemente.

Per valutare l'adattamento globale del modello sono stati presi in la statistica χ^2 , l'indice RMSEA con relativo intervallo di confidenza e p-value, e l'indice RMR. Il primo indice, la statistica χ^2 , assume valore 490.39, ma ad esso badiamo poco per i motivi di cui si è già discusso; l'indice Standardized RMR è pari a 0.068 (è evidente come esso sia, come richiesto, molto al di sotto del valore soglia che la teoria suggerisce di non superare, ovvero 0.1); ma in questo contesto, è l'indice RMSEA che supporta molto la validità del nostro lavoro: esso assume il valore di 0.05 (è già stato detto che questo indice giudica il modello molto buono quando è minore o uguale a 0.05) e l'intervallo di confidenza al 90% ad esso associato è (0.044; 0.059)³ con un p-value di 0.35, per il test che verifica l'ipotesi che RMSEA sia minore di 0.05 che in questo caso viene abbondantemente accettata.

Anche gli indici della bontà di adattamento, che assumono valori da 0 a 1 in quanto valutano proprio la percentuale di adattamento, sono molto confortanti: il GFI è pari a 0.89 e l'AGFI è pari a 0.86.

Nel contesto della misurazione del miglioramento rispetto al modello nullo gli indici considerati assumono i seguenti valori:

- CFI: 0.9,

³ L'intervallo (0.044 , 0.059) è compreso nell'intervallo (0, 0.08) (considerato buono).

- IFI: 0.9.

Tutti questi indici raggiungono il valore soglia 0.9 (in questo caso si doveva ottenere un valore non al di sotto di questa soglia) e dimostrano che il modello è notevolmente migliorato rispetto al modello nullo.

Infine, anche le misure di parsimoniosità del modello danno buoni risultati: il rapporto fra Chi-quadro (490.39) e gradi di libertà (287) è pari a 1.7087 ed è, quindi, abbondantemente al di sotto del valore soglia che è pari a 3 (valore, come già spiegato, da non superare), oltre il quale si rifiuterebbe l'ipotesi nulla che la matrice di correlazione attesa e quella spiegata siano sufficientemente simili; il PNFI è pari a 0.7 (un buon valore di questo indice deve eguagliare o superare 0.7).

Tabella 3.1: riassunto degli indici

	<i>misura statistica</i>	valore	valore di riferimento
<i>adattamento globale</i>	Chi - quadro	490,39	-
	RMR	0,068	≤ 0,1
	RMSEA	0,05	≤ 0,05
	intervallo di confidenza per RMSEA (al 90%)	(0,044;0,056)	(0 ; 0,08)
	p - value (per il test RMSEA<0,5)	0,35	≥ 0,05
	GFI	0,88	valore più vicino a 1 (piuttosto che a 0)
	AGFI	0,85	
<i>miglioramento (rispetto al modello nullo)</i>	CFI	0,9	≥ 0,9
	IFI	0,9	
<i>parsimoniosità</i>	Chi - quadro / g.d.l.	1,7087	≤ 3
	PNFI	0,7	≥ 0,7

Come si è visto, gli indici di adattamento (riassunti nella tabella 3.1) considerano questo un buon modello e quindi i risultati ottenuti si possono ritenere validi: non rimane, quindi, che discuterli.

CAPITOLO 4

Discussione dei risultati

Dopo aver presentato i risultati ottenuti, a conclusione di questa trattazione, è fondamentale discutere e interpretare gli stessi. La discussione sarà basata sulla conferma, o meno, delle ipotesi presentate al Capitolo 2. Al termine verrà fatta una precisazione sulla logica sottostante a questo modello, ancora una volta confermata.

4.1 Dimostrazione delle ipotesi

Hp 1: esiste una correlazione positiva fra improvement ed innovation

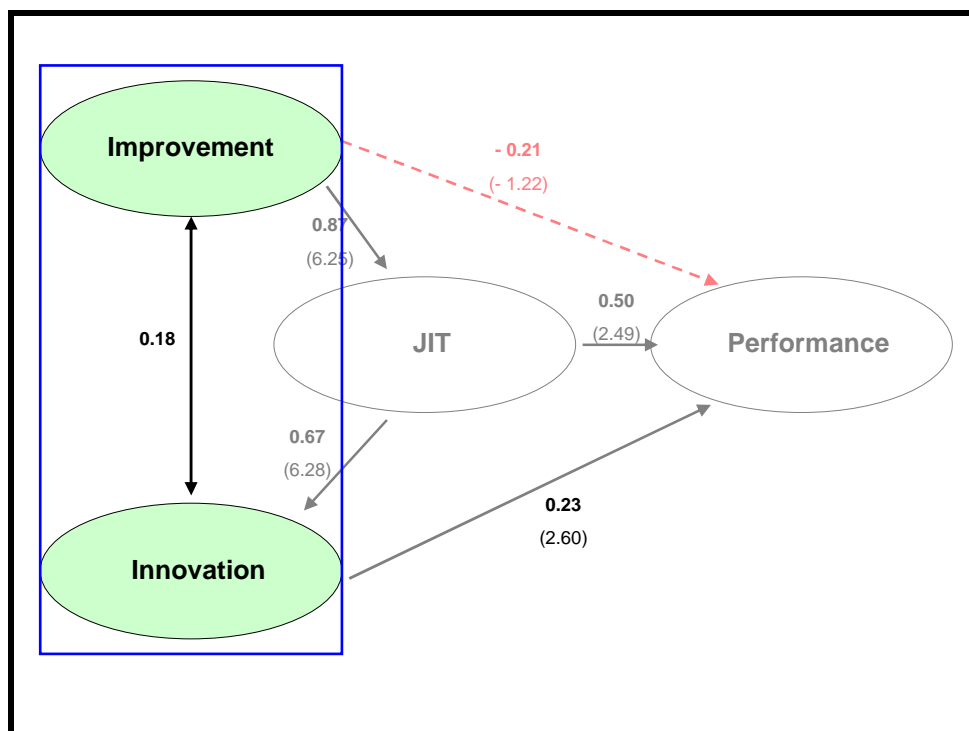


Figura 4.1: correlazione positiva fra improvement ed innovation

In questa parte del modello, evidenziata nella figura 4.1, si arriva alla conferma di quanto avevamo ipotizzato in fase di pianificazione del modello: esiste una correlazione positiva fra improvement ed innovation. Questa è

sicuramente giustificata dai due fattori presentati durante la presentazione delle ipotesi, ovvero:

- Non c'è una chiara distinzione nella letteratura e quindi, a maggior ragione, nella realtà aziendale fra *improvement* e *innovation* (molto spesso riuniti sotto l'unico termine di *miglioramento e innovazione continui*), e quindi fra le routines che supportano l'una e l'altra capability; così può succedere che aziende che adottano in modo massiccio routines legate all'improvement, adottino in modo altrettanto massiccio routines legate all'innovation, causando una correlazione positiva fra le due (*Bessant e Francis, 1999; Cole, 2001*).
- A volte scegliere la via del miglioramento necessita l'adozione di qualche idea innovativa e scegliere la via dell'innovazione necessita il supporto del miglioramento, che permetta di raggiungere certi livelli, superati i quali, si può introdurre l'idea innovativa; questo crea un legame imprescindibile e costruttivo (positivo) fra le due capabilities (*Schroeder et al., 1989*).

A queste due spiegazioni plausibili per la spiegazione di tale legame, individuate tramite l'analisi della letteratura in una fase preliminare alla stima del modello, è possibile aggiungerne una terza a cui si può pervenire solo dopo aver stimato il modello nella sua globalità: nel seguito si discuterà la dimostrazione che l'improvement supporta il just in time e che, come *Womack e Jones* avevano congetturato nel 1991 e confermato nel 1997, il just in time supporta le attività legate all'innovation, tramite le risorse che il lean bundle permette di risparmiare e che possono essere dirottate quindi verso questo settore; emerge chiaramente pertanto la relazione positiva che deve esserci fra le due capability (se l'improvement supporta il just in time e il just in time supporta l'innovation, necessariamente fra improvement ed innovation ci sarà una correlazione positiva).

Quest'ultima conclusione richiama un concetto che, pur non essendo esplicito nelle ipotesi, sta alla base della specificazione del modello: il ciclo PDCA di W. Edwards Deming, del quale si tratterà nella parte conclusiva del capitolo.

Hp 2: l'improvement ha un impatto positivo sulla performance

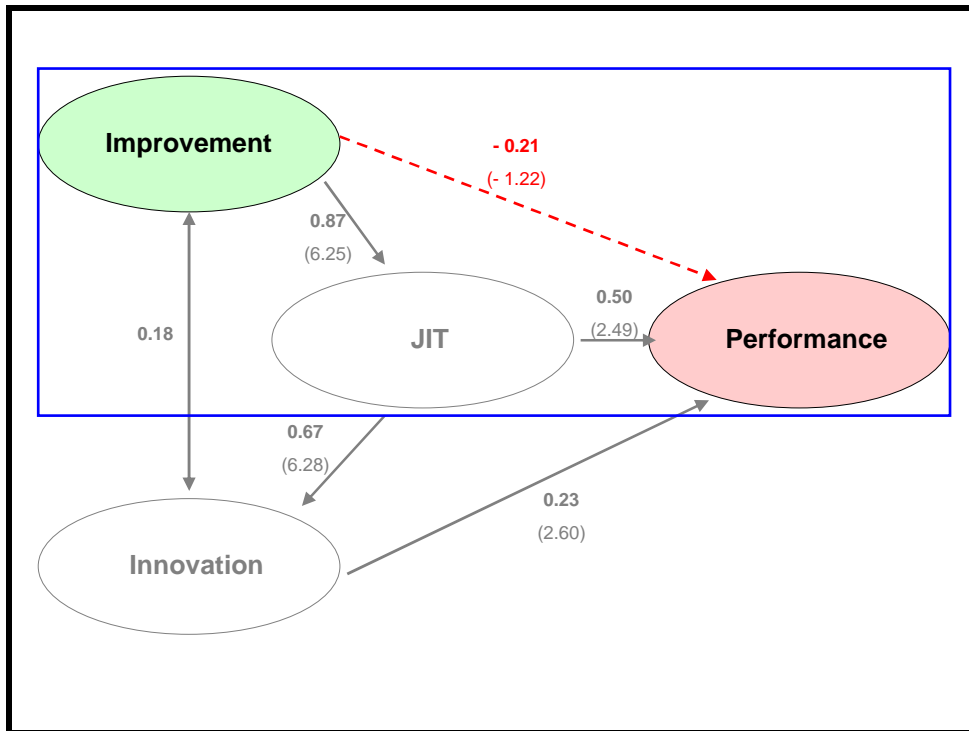


Figura 4.2a: impatto apparentemente non significativo dell'improvement sulla performance

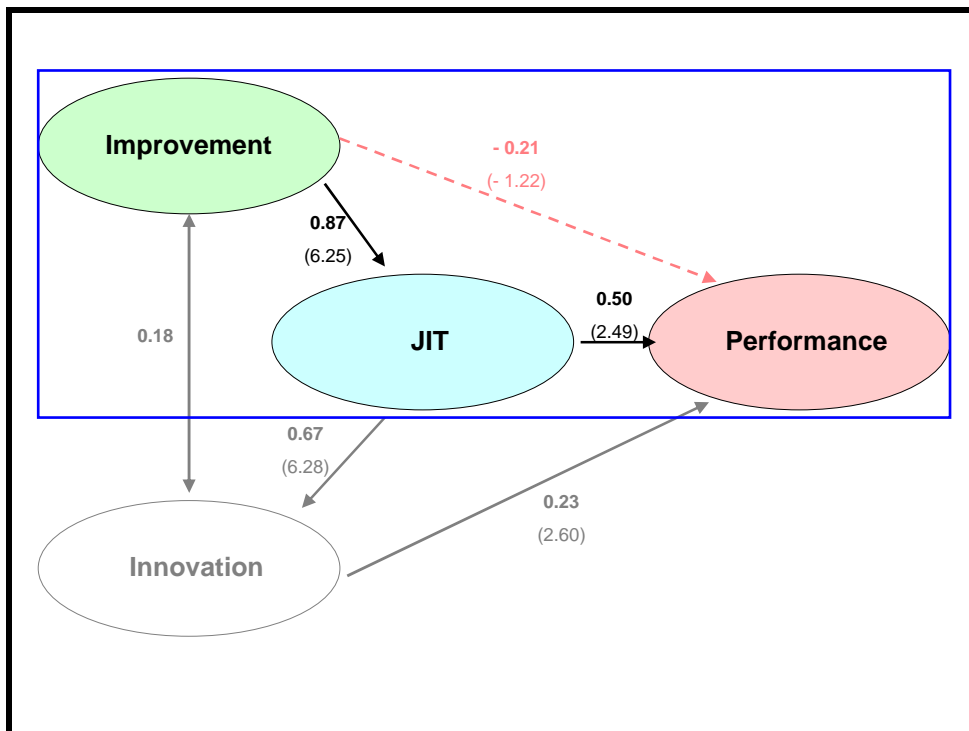


Figura 4.2b: impatto positivo dell'improvement sulla performance, mediato dal JIT

Ad una prima analisi distratta, potrebbe sembrare che questa ipotesi non sia dimostrata: come illustrato nella figura 4.2a, la relazione diretta fra improvement e performance risulta non significativa. Tuttavia, l'attenzione deve essere data ai legami evidenziati nella figura 4.2b dove emerge chiaramente che l'improvement riesce a esplicitare il suo impatto positivo sulla performance solo attraverso l'implementazione del just in time.

La spiegazione di questo fenomeno si può trovare nelle parole di *Masaaki Imai* che, definendo il miglioramento, afferma che l'essenza stessa del *Kaizen* (miglioramento appunto) è semplicemente migliorare sempre grazie al coinvolgimento di tutti, lavoratori e manager, senza smettere mai di perseguire questo proposito; solo così gli obiettivi dell'azienda, come il miglioramento della performance aziendale, saranno raggiunti. Da queste parole affiora palesemente la principale necessità di un sistema che decida di adottare questa mentalità: avere delle tecniche chiare attraverso il quale il team coinvolto nel processo di miglioramento (ovvero tutti i dipendenti, dal primo all'ultimo) possa attuarlo. Di fatto, l'improvement quindi non va ad agire direttamente sugli indicatori della performance ma crea l'ambiente adatto a migliorare quelle tecniche che poi, a loro volta, andranno a migliorare la performance stessa. Queste tecniche sono fornite dai lean bundles che, in questa trattazione sono rappresentati dal just in time; *Devy et al. (1992)* danno una definizione di JIT funzionale a questo ruolo di mezzo attraverso il quale l'improvement può esprimersi: le tecniche associate al JIT includono ed hanno come conseguenza l'eliminazione degli sprechi e la completa utilizzazione delle persone, degli strumenti, dei materiali e dei componenti che l'azienda possiede.

Nota che tecniche con queste specifiche caratteristiche rappresentano la miglior risposta alla necessità di trovare un modo per ottenere il miglioramento, e noto il rapporto positivo fra just in time e performance, emerge chiaramente che anche questa seconda ipotesi è supportata dai dati e quindi verificata, se non in modo diretto come ci si poteva aspettare, senz'altro in modo indiretto nel pieno rispetto del lean thinking.

Hp 3: l'innovation ha un impatto positivo sulla performance

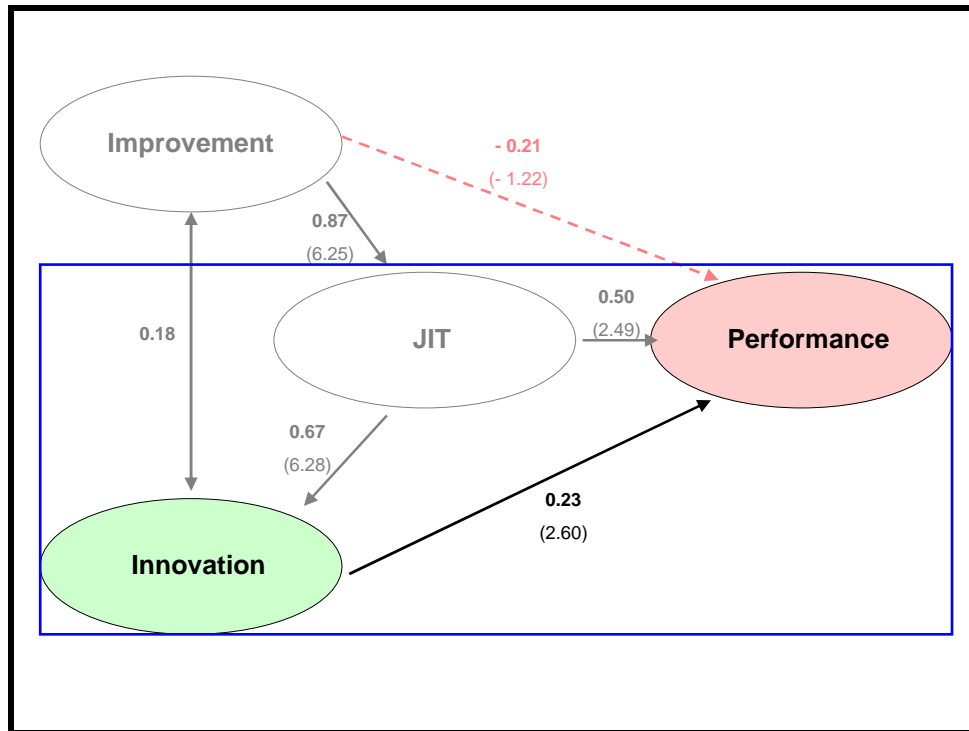


Figura 4.3: impatto positivo dell'innovation sulla performance

Prima di partire ad analizzare le motivazioni di questo legame è bene chiarire perché non si è deciso di studiare una eventuale relazione con la performance mediata dal just in time: tutti i ricercatori sono abbastanza concordi nell'affermare che l'innovazione non sia di supporto all'implementazione del lean thinking ma sia piuttosto una possibile conseguenza (ed è quello che si andrà a discutere a breve).

Ora ci si può concentrare sull'impatto positivo diretto dell'innovation sulla performance, ipotizzato a priori ed, ora, dimostrato dai dati (figura 4.3); si deve riconoscere che questo è un legame piuttosto intuitivo: non è necessario che la performance migliori solo in un'ottica legata alla produzione snella, anche introdurre idee del tutto innovative (ipotesi da evitare assolutamente per i sostenitori del lean thinking) possono portare, a condizione che l'azienda sia in grado di sopportare tale stress e possa fare gli sforzi necessari (rischio reale ben presentato da *Christensen* nel 2003), un reale aumento del grado di performance; proprio in questa prospettiva, ovviamente, le innovazioni vengono introdotte in azienda.

Numerosi lavori hanno verificato l'esistenza di questa relazione: *Deshpande et al. (1993)* su un campione di aziende giapponesi, *Baldwin e Johnson et al. (1996)* su un campione di aziende canadesi, *Yamin et al. (1997)* su un campione di aziende australiane. Questa trattazione rappresenta un'ulteriore conferma di quanto già abbondantemente dimostrato.

Una spiegazione può essere trovata nel fatto che l'innovazione è un'importante fonte di vantaggio competitivo che trasforma completamente la strategia aziendale e che fa incontrare la realtà peculiare dell'azienda con gli stimoli e le scoperte del mondo esterno (*Nair e Boulton, 2008*), dai quali questa può trarre beneficio per innalzare il suo livello di performance.

H_p 4: l'improvement supporta il just in time

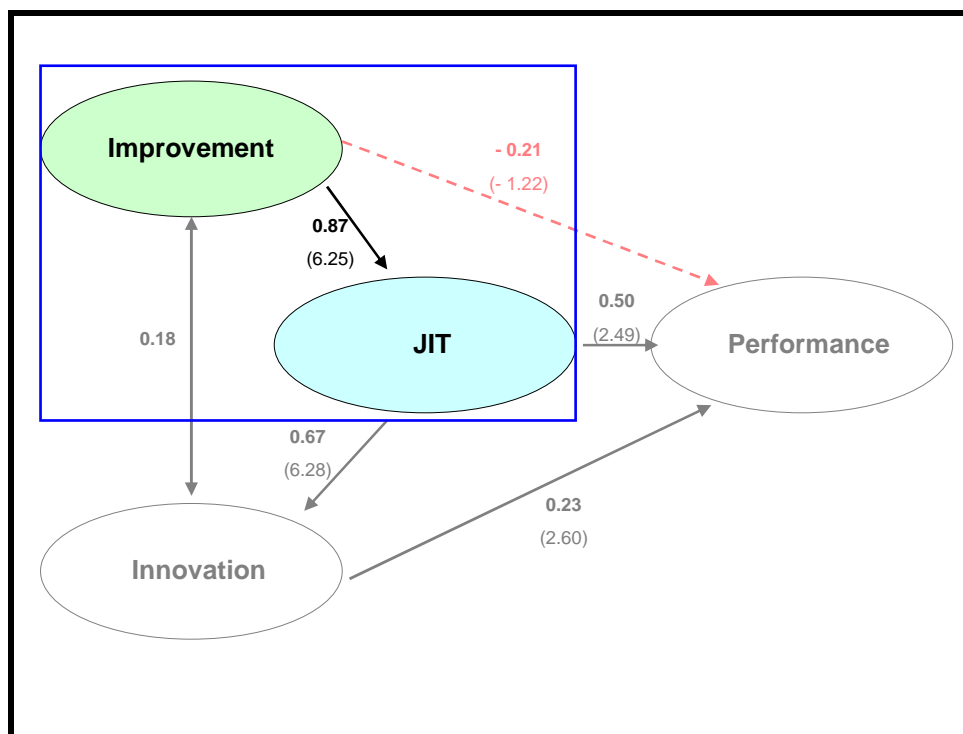


Figura 4.4: impatto positivo (supporto) dell'improvement sul just in time

Il modello studiato arriva a dimostrare anche questa ipotesi: l'improvement supporta positivamente l'implementazione del just in time (figura 4.4).

Per spiegare questo fenomeno si può ricorrere alla definizione che da *Sigimori (1977)* del just in time: si tratta di programmare la produzione con l'obiettivo di ridurre continuamente ogni forma di spreco lungo la catena del

valore. La chiave per trovare il nesso fra l'implementazione di queste tecniche e il supporto dato dall'improvement sta nell'esprimere l'implementazione di queste tecniche come un'azione continua, da reiterare sempre: esso rappresenta anche la caratteristica fondamentale di una mentalità orientata al miglioramento, dove esistono sempre margini per attuarlo perché chi adotta questa capability non è mai soddisfatto. È chiaro allora che, le tecniche connesse al just in time, proprio per questa loro peculiarità, necessitano dell'adozione e del supporto di un'ottica orientata all'improvement.

In questa breve si sono convalidati i fondamenti di questa ipotesi, confermata in modo molto significativo dai dati.

Hp 5: il just in time supporta l'innovation

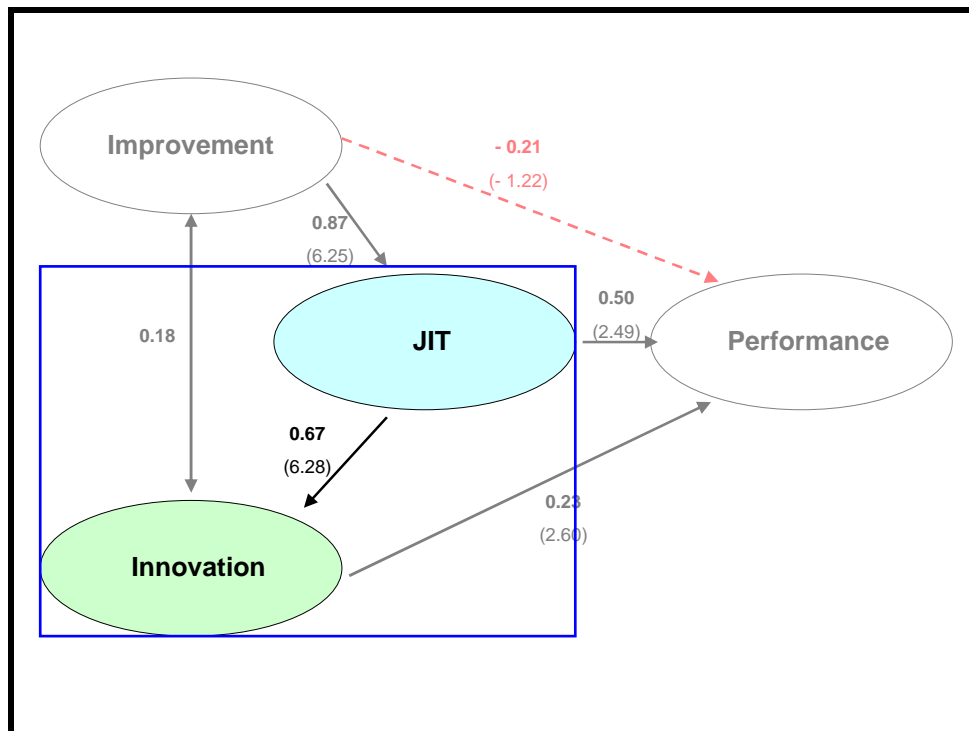


Figura 4.5: impatto positivo (supporto) del just in time sull'innovation

L'ipotesi che il just in time supporti le attività legate all'innovation non è particolarmente discussa nella letteratura economica internazionale, si potrebbe, anzi, affermare che i loro sostenitori siano essenzialmente *Womack, Jones e Roos (1991 e 1997)*; tuttavia questa si inserisce perfettamente nell'ottica del ciclo PDCA di Deming che, come già detto, verrà

presentato al termine del capitolo, e i dati ne forniscono una conferma molto significativa (figura 4.5).

Womack e Jones forniscono anche una spiegazione di che tipo di supporto possa fornire all'innovation il just in time: si tratta di tutte quelle risorse che il lean bundle ha permesso di risparmiare. Per quanto riguarda il personale, nel clima di fiducia e di rispetto reciproco che si viene a creare in un'impresa snella, i dipendenti sono disponibili alla flessibilità nell'assegnazione dei compiti e attivi nella promozione degli interessi, che molto spesso comprendono appunto l'innovazione, dell'impresa che ormai conoscono bene e dei quali si sentono parte (*Womack, Jones e Roos, 1991*); per quanto riguarda l'aspetto economico si osserva, come già detto, che i produttori che padroneggiano a fondo le tecniche lean, come il just in time, possono utilizzare il medesimo budget di aziende che non adottano queste tecniche per sviluppare e offrire una gamma di prodotti molto più ampia e soprattutto innovativa, oppure possono permettersi di sviluppare nuove tecnologie grazie al denaro risparmiato (*Womack et al., 1991*).

È chiaro che tutte queste risorse da impiegare nelle attività di ricerca e sviluppo a parità di budget, non ci sarebbero se le tecniche legate al just in time non permettessero di eliminarle da processi in cui non creano valore ma solo *muda*; con questo si è fornita una spiegazione teorica di quanto i dati empiricamente hanno dimostrato.

Hp 6: il just in time ha un impatto positivo sulla performance

Per ultima, ma non meno importante, si è dimostrata anche l'ipotesi secondo la quale il just in time ha un supporto positivo sulla performance (figura 4.6).

Questo argomento è ampiamente trattato dalla letteratura che, nella maggior parte dei casi, arriva a dimostrare in modo molto significativo l'esistenza di questo legame, studiando diverse realtà.

Le spiegazioni possono essere molteplici, ed esse possono essere semplificate riconoscendo che il JIT è un sistema di produzione molto efficiente (*Brox e Feader, 1997*) nel quale è facile individuare problemi, e quindi sprechi, prima che questi arrechino danni irrecuperabili all'azienda,

grazie anche alla riduzione notevole dei livelli di magazzino e ad un'alta rotazione dello stesso (Slack, 2007); inoltre, il JIT è un metodo di pianificare

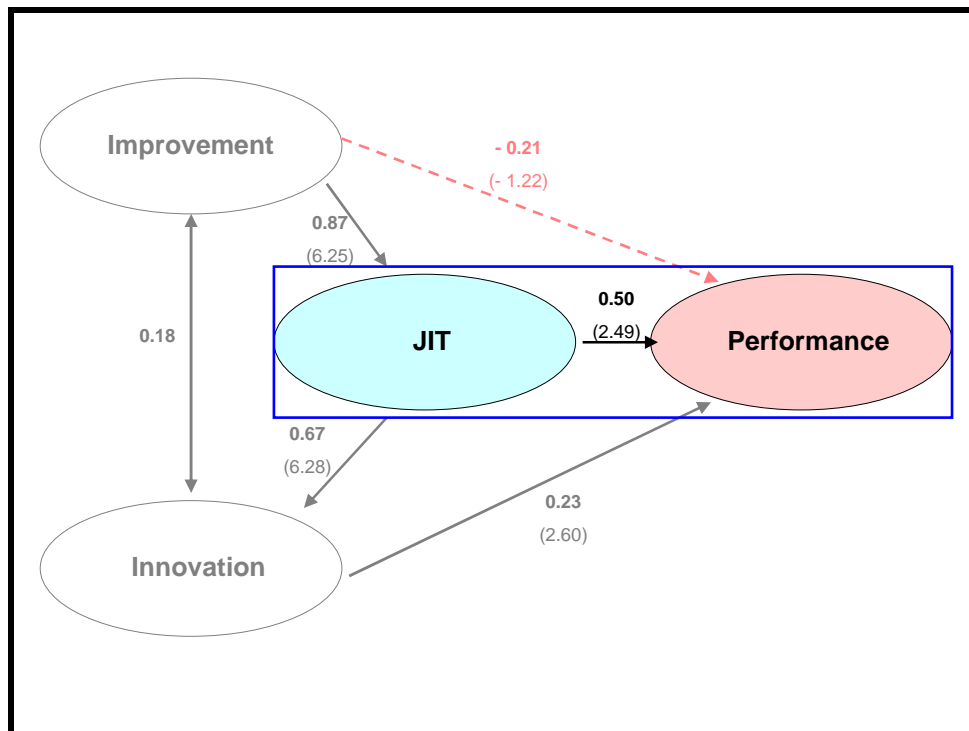


Figura 4.6: impatto positivo del just in time sulla performance

e controllare la complessità aziendale che ha come scopo principale quello di incontrare la domanda istantaneamente, cercando sempre la perfetta qualità ed evitando sprechi (Slack et al., 2007). È chiaro che l'implementazione di un insieme di tecniche con queste caratteristiche e che perseguono questi obiettivi, riuscendo a raggiungerli (come dimostrato), è un modo molto sicuro per assicurarsi un innalzamento del livello della performance aziendale.

4.2 Spiegazione di parte del modello grazie al ciclo PDCA

Prendendo in considerazione i legami che esistono fra improvement, just in time ed innovation (figura 4.7), emerge chiaramente come fra questi tre elementi si crei un circolo virtuoso: l'improvement rappresenta una mentalità di continuo miglioramento che è esattamente quello che serve da supporto alle tecniche just in time, il cui intento è quello di ridurre costantemente gli sprechi presenti in azienda; le risorse risparmiate, perché sottratte ad attività nelle quali non creavano valore, grazie all'implementazione di queste

tecniche possono essere usate per supportare attività connesse all'innovazione; risulta, infine, chiara la correlazione positiva che emerge fra improvement ed innovation in quanto migliorare sempre fornisce continuamente risorse all'innovazione tramite il JIT.

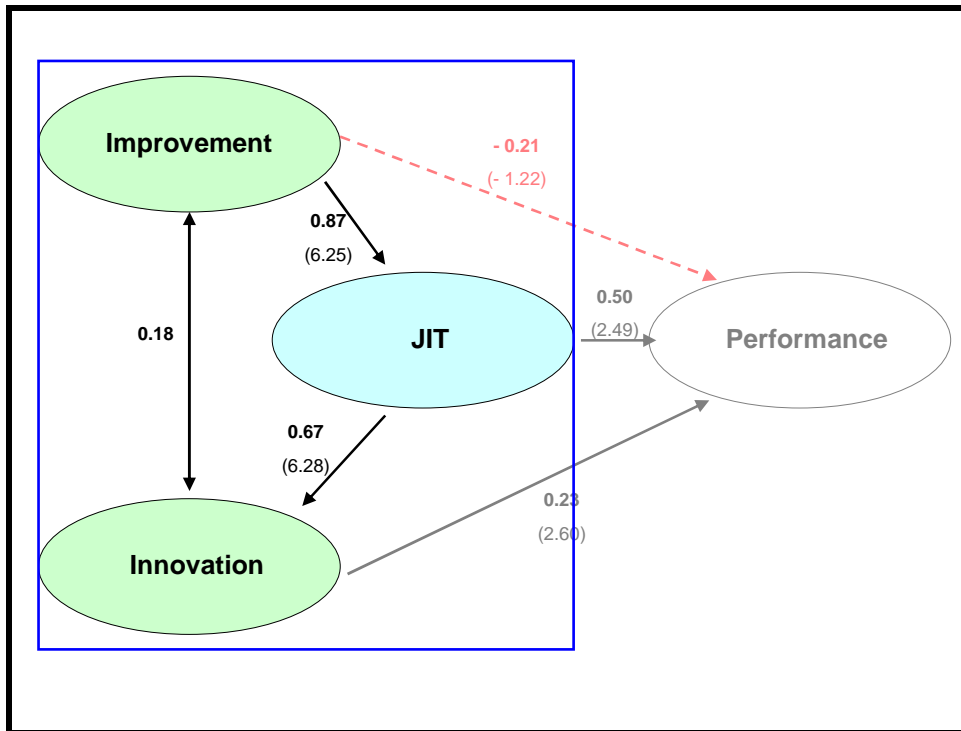
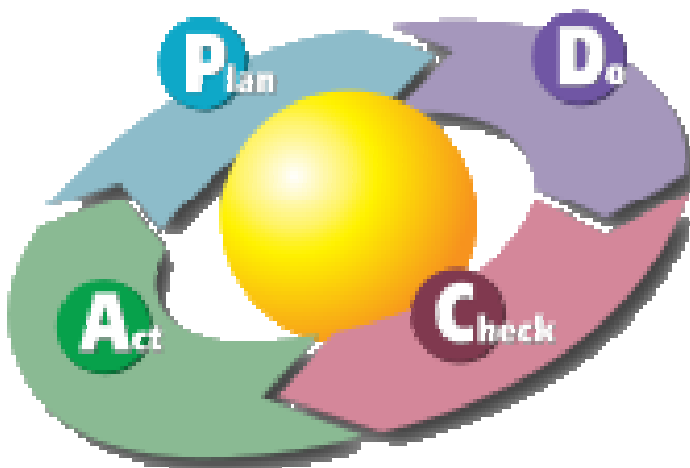


Figura 4.7: circolo virtuoso fra improvement, just in time ed innovation

Questo tipo di legame si inserisce perfettamente in quello che *W. Edwards Deming*, docente, saggista e consulente di spicco in ambito aziendale, ha ideato in Giappone negli anni cinquanta: il ciclo PDCA, dove P sta per Plan



(pianificare), D sta per Do (testare il piano, preferibilmente in un ambito circoscritto), C sta per Check (controllare i risultati e i feedback) e A sta per Act (agire per rendere il piano operativo e, quindi, migliorare il

processo). Deming riconosce che queste azioni, per innalzare il livello

dell'azienda, devono essere coinvolte in un processo ciclico e virtuoso, come illustrato. Esso parte dalla pianificazione (plan) di nuovi miglioramenti, che vanno poi testati (do), e i cui risultati devono essere controllati (check) prima di mettere in atto le migliorie (act); la cosa interessante è che questo processo non termina con la messa in atto di tali migliorie, ma anzi questo step rappresenta la base per pianificare nuovi miglioramenti, da provare, controllare ed, infine, implementare. Ovviamente, a questo punto, il processo riprende.

La logica che sostiene il circolo virtuoso, confermato anche dai dati, fra improvement, just in time ed innovation si può ricercare proprio nel ciclo PDCA di Deming, con il quale questa parte del modello presenta notevoli analogie e nel quale affonda le sue radici: l'improvement scorge i margini e trova le modalità per il miglioramento, che le tecniche just in time implementano supportando l'innovation che, una volta adottata, darà nuovo spazio all'improvement per lavorare, facendo così ripartire il ciclo.

Con queste considerazioni si conclude la presente trattazione, che ha cercato di individuare cosa supporti, cosa sia fondamentale e quale sia il comportamento da tenere per le aziende che adottano il *lean thinking*.

Bibliografia

- Adam E.E., 1994. *Alternative quality improvement practices and organization performance*. Journal of Operations Management, Vol. 12, pp. 27–44.
- Babson S., 1993. *Lean or mean: The MIT model and lean production at Mazda*. Labor Studies Journal, Vol. 18 (2), pp. 3-25.
- Balakrishnan B., Linsmeier T.J., Venkatachalam M., 1996. *Financial Benefits from JIT Adoption: Effects of Customer Concentration and Cost Structure*. The Accounting Review, Vol. 71 (2), pp. 183-205.
- Bayo-Moriones A., Bello-Pintado A., Merino-Diaz-de-Cerio, 2008. *The role of organizational and infrastructure practices in JIT implementation*. International Journal of Operations and Production Management, Vol.28 (11), pp.1042-1066.
- Billesbach T.J., 1991. *A study of the implementation of just-in-time in the United States Production and Inventory*. Management Journal, Vol. 3, pp. 1-4.
- Billesbach T.J., Hayen, R., 1994. *Long-term impact of just-in-time on inventory performance measures*. L. Production and Inventory Management Journal, Vol. 1, pp. 62–67.
- Bollen K.A., 1989. *Structural equations with latent variables*. Wiley, New York.
- Bozarth C.C., Warsing D.P., Flynn B.B., Flynn E.E., 2009. *The impact of supply chain complexity on manufacturing plant performance*. Journal of Operation Management, Vol.27, pp.78-83.
- Brox J.A., Fader C., 1997. *Assessing the impact of JIT using economic theory*. Journal of Operations Management, Vol. 15, pp. 371-388.
- Christensen C.M., 2003. *The innovator's dilemma*. Harvard Business Press, Cambridge (Massachusetts)

- Corbetta P., 1992. *Metodi di analisi multivariata per le scienze sociali. I modelli di equazioni strutturali*. Il Mulino, Bologna.
- Crawford K.M., Cox J.F., 1990. *Designing performance measurement systems for just-in-time operations*. International Journal of Production Research, Vol. 28 (11), pp. 2025–2036.
- Cua K.O., McKone K.E., Schroeder R.G., 2001. *Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance*. Journal of Operations Management, Vol. 19, pp. 675-694.
- Davy J.A., White R.E., Merritt N.J., Gritzmacher K., 1992. *A Derivation of the Underlying Constructs of Just-in-Time Management Systems*. The Academy of Management Journal, Vol. 35 (3), pp. 653-670.
- Dean J.W., Bowen D.E., 1994. *Management theory and total quality: improving research and practice through theory development*. Academy Management Journal, Vol. 19, pp. 392–418.
- Deming W.E., 1986. *Out of the Crisis*. MIT Press, Cambridge (Massachusetts).
- Deming W. E., 2000. *The New Economics for Industry, Government, Education* (seconda edizione). MIT Press, Cambridge (Massachusetts).
- Droge C., Germain R., 1998. *The just-in-time inventory effect: does it hold under different contextual, environmental, and organizational conditions*. Journal of Business Logistics, Vol. 19.
- Flynn B.B., Sakakibara S., Schroeder R.G., Bates K.A., Flynn E.J., 1990. *Empirical research methods in operations management*. Journal of Operations Management, Vol. 9, pp. 250-284.
- Flynn B.B., Schroeder R.G., Sakakibara S., 1995. *The impact of quality management practices on performance and competitive advantage*. Decision Sciences, Vol. 26, pp. 659-691.

- Flynn B.B., Sakakibara S., Schroeder R.G., 1995. *Relationship between JIT and TQM: practices and performance*. Academy of Management Journal, Vol. 38 (5), pp. 1325–1360.
- Fullerton R.R., McWatters C.S., 2001. *The production performance benefits from JIT implementation*. Journal of Operations Management, Vol. 19, pp. 81-96.
- Gilbert J.P., 1990. *The state of JIT implementation and development in the USA*. International Journal of Production Research, Vol. 28 (6), pp. 1099–1109.
- Hay E.J., 1988. *The Just-In-Time Breakthrough: Implementing the New Manufacturing Basics*. Wiley, NY.
- Harrison B., 1997. *Lean and Mean*. The Guilford Publications, New York.
- Huson M., Nanda D., 1995. *The impact of Just-In-Time manufacturing on firm performance in the US*. Journal of Operations Management, Vol. 12, pp. 297-310.
- Im J.H., Lee S.M., 1989. *Implementation of just-in-time systems in US manufacturing firms*. International Journal of Operations and Production Management, Vol. 9 (1), pp. 5-14.
- Minoru T., 2006. *Il modello Toyota. La giusta applicazione del metodo Toyota per riprogettare il proprio sistema logistico-produttivo*. Il Sole 24 Ore, Milano.
- Nair A., Boulton W.R., 2008. *Innovation-oriented operations strategy typology and stage-based model*. International Journal of Operations and Production Management, Vol.28 (8), pp.748-771.
- Norris D.M., Swanson R.D., Chu Y., 1994. *Just-in-time production systems: a survey of managers*. Production and Inventory Management Journal, Vol. 2, pp. 63-66.
- Peng D.X., Schroeder R.G., Shah R., 2007. *Linking routines to operations capabilities: a new prospective*. Journal of Operations Management.

- Pilkington A., Meredith J., 2009. *The evolution of the intellectual structure of operation management – 1980-2006: a citation/co-citation analysis*. Journal of Operation Management, Vol.27, pp.185-202.
- Projogo D.I., McDermott P., Goh M., 2008. *Impact of value chain activities on quality and innovation*. International Journal of Operations and Production Management, Vol.28 (7), pp.615-635.
- Shah R., 2002. *A configurational view of lean manufacturing and its theoretical implications*. Unpublished Dissertation, The Ohio State University, Columbus, OH.
- Shah R., Ward, P.T., 2003. *Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance*. Journal of Operations Management, Vol. 21, pp. 129-149.
- Shah R., Ward, P.T., 2007. *Defining and developing measures of lean production*. Journal of Operations Management, Vol. 25, pp. 785-805.
- Slack N., Chambers, S., Johnston, R., 2007. *Operations Management*, Pitman, London.
- Smith M., Busi M., Ball P., Van der Meer R., 2008. *Factor influencing an organisation's ability to manage innovation: a structured literature review and conceptual model*. International Journal of Innovation Management, Vol.12 (4), pp. 655-676.
- Song M., Di Benedetto C.A., 2008. *Supplier's involvement and success of radical new product development in new ventures*. Journal of Operations Management, Vol. 26, pp. 1-22.
- Sriparavastu L., Gupta T., 1997. *An empirical study of just-in-time and total quality management principles implementation in manufacturing firms in the USA*. International Journal of Operations and Production Management, Vol. 17 (12), pp. 1215-1232.

- Sugimori Y., Kusunoki F., Cho, F., Uchikawa S., 1977. *Toyota production systems and kanban system: materialization of just-in-time and respect for human systems*. International Journal of Production Research, Vol. 15, pp. 553-564.
- Swink M., Narasimhan R., Wang C., 2007. *Managing beyond the factory walls: Effect of four types of strategic integration on manufacturing plant performance*. Journal of Operations Management, Vol. 25, pp. 148-164.
- Taiichi O., 2004. *Lo spirito Toyota. Il modello giapponese della qualità totale. E il suo prezzo*. Einaudi, torino.
- Womack J.P., Jones D.T., Roos D., 1991. *The Machine That Changed the World*. Harper Perennial, New York.
- Womack J.P., Jones D.T., Roos D., 1991. *La macchina che ha cambiato il mondo (con prefazione all'edizione italiana di Giovanni Agnelli)*. Rizzoli, Milano.
- Womack J.P., Jones D.T., 1997. *Lean Thinking: come creare valore e bandire gli sprechi*. Guerini e associati, Milano.
- Womack J.P., Jones D.T., 2009. *Lean Solutions: la produzione snella incontra il consumo snello*. Guerini e associati, Milano.

*Il ringraziamento più grande lo devo fare ai miei genitori, Marino e Susanna, e a mia sorella Irene: hanno sempre creduto in me e mi hanno aiutata in ogni momento a superare tanti ostacoli, anche, ma non solo, in questi anni di studio.
Loro sono sempre stati e sempre saranno la mia forza e il mio punto di riferimento imprescindibile.*

Un altro ringraziamento importantissimo va al prof. Andrea Furlan, il cui supporto per questo lavoro e la cui disponibilità sono stati fondamentali in questo periodo molto impegnativo.

Un ringraziamento speciale va, poi, alla mia migliore amica Fanny, sempre presente nonostante tutto: senza la sua dose di carica e di fiducia sarebbe stato troppo difficile affrontare tutto.

Voglio ringraziare in modo particolare anche Alice, amica fidata da sempre e compagna di tante avventure.

Come non ringraziare poi gli amici di sempre, quelli su cui ho sempre potuto contare e con i quali sono legata da un affetto davvero grande: Cristian ed Elisa, ai quali va un ringraziamento particolare per l'aiuto nella realizzazione di questa tesi e per il supporto costante nell'affrontare tante situazioni, Irene (la mia "socia"), Enrico, Nicola, Valentina, Federico, Elena, Cristian Giora e Annamaria.

*Un grazie di cuore va a chi ha condiviso con me tante fatiche, tanti pianti, tante delusioni e tanti successi per arrivare fino a qui: Arianna, Erica ed Anna.
In particolare ad Arianna va il mio ringraziamento per la sua vicinanza e il suo affetto in tante situazioni che, soprattutto nell'ultimo periodo, sono venute a crearsi.*

*Non può mancare poi un ringraziamento ai miei "bimbi", che ormai non sono più tali: Anna, Luca C., Luca S., Marco e Samantha.
Condividere tanti anni con loro è stata una fonte enorme di gioia.*

Un ringraziamento speciale voglio farlo anche a Emily, amica, anche se da poco, già molto importante.

*Poi, rischiando di dilungarmi troppo, voglio ringraziare di cuore tutta la mia famiglia alla quale sono profondamente legata: i nonni Gina e Alcide, Resi e Severino; gli zii Antonella e Paolo, che oltre ad essere i miei zii sono anche i miei padrini, Luigina e Antonio, Daniele e Reginetta, Diego e Grazia, ed Ennio; i cugini Teresa (la mia figlioccia), Marco, Paolo, Andrea, Matteo, Joseph, Tiziano, Chiara, Riccardo, Alessandro e Francesca.
Ognuno di loro è stato fondamentale e senza di loro sicuramente non sarebbe stato lo stesso.*

Infine ringrazio tutte le persone che, pur non essendo state citate, sanno di avere tutta la mia gratitudine per quello che abbiamo condiviso e quello che mi hanno dato.

Grazie!