



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI TECNICA E GESTIONE DEI SISTEMI INDUSTRIALI

TESI DI LAUREA IN INGEGNERIA DELL'INNOVAZIONE DEL PRODOTTO

DESIGN TO ORDER (DTO): UN NUOVO APPROCCIO
ALLA GESTIONE DELLE COMMESSE

Relatore: Prof. Ing. Alessandro Persona

Laureando: Enrico Carton

ANNO ACCADEMICO 2012-2013

Sommario

INTRODUZIONE.....	1
GLI APPROCCI ESISTENTI: MTO E ETO.....	3
LA NECESSITÀ DI UNA NUOVA METODOLOGIA: DTO.....	13
I METODI PER L'ASSEGNAZIONE DELLE RISORSE ALLE COMMESSE A "SCATOLA CHIUSA".....	19
MODELLI DI OTTIMIZZAZIONE.....	22
MODELLI EURISTICI.....	23
OTTIMIZZAZIONE DEI MODELLI EURISTICI.....	44
CASI STUDIO PER L'APPLICAZIONE DEI METODI.....	47
COMMENTO AI RISULTATI DEI CASI STUDIO.....	64
LINEE GUIDA PER L'UTILIZZO DEI METODI.....	76
Appendice 1 – Caso delta.....	81
Appendice 2 – La commessa Onerosa.....	83
Appendice 3 – Approccio Progressivo Parzializzato.....	84
Appendice 4 – La stima del lavoro necessario per una commessa.....	87
CONCLUSIONI.....	91
BIBLIOGRAFIA.....	93
RINGRAZIAMENTI.....	95

INTRODUZIONE

Nell'ultimo periodo la crisi economica ha portato numerose aziende a rivedere le proprie politiche nei confronti dei clienti cercando di ampliare il più possibile il portafoglio prodotti. Questa nuova tendenza ha comportato il proliferare di numerose versioni custom specifiche per le esigenze dell'acquirente. Le aziende hanno quindi adottato pianificazioni del lavoro capaci di tenere conto della indispensabile versatilità del settore produttivo. La notevole difficoltà nella gestione delle commesse e l'elevato grado di competitività del mercato ha portato alla ricerca di nuovi metodi ed evoluzioni degli approcci esistenti. In questo settore le compagnie manifatturiere producono generalmente piccoli volumi di prodotti e sono identificate nel modo di gestire le commesse come Make to Order (MTO) o Engineer to Order (ETO) principalmente a seconda del grado di customizzazione del prodotto sviluppato. In questo contesto si può considerare ogni prodotto come unico nella fase di progettazione, produzione e requisiti tecnologici. Il tempo di consegna e completamento della commessa diventa quindi incerto e solitamente più lungo di un prodotto standard. Un altro fattore d'identificazione è la diminuzione dell'importanza della distinta base dei materiali (BOM, Bill of Material) spostandosi dalla produzione su catalogo a quella secondo ETO e la necessità di un sistema d'informazione interno efficiente. Infine diventa fondamentale il ruolo del cliente nel rapporto con l'azienda.

Nell'esperienza fatta durante il tirocinio si è presentata una situazione ancora più estrema di quelle finora studiate causata dalla congiuntura economica e dalla tipologia di prodotto sviluppata. Presso la Contec Industry, società d'ingegneria, la politica aziendale è volta ad accettare una vastissima varietà di richieste per tipologia ed argomentazione da parte della clientela. Il prodotto sviluppato può andare dalla semplice verifica strutturale di meccanismi di sollevamento alla realizzazione di grandi impianti. L'impossibilità di definire una tipologia di prodotto comporta una notevole difficoltà nella gestione delle commesse che non trova soluzione tra i metodi già presentati dalla letteratura. Si può considerare questa nuova condizione come un'estremizzazione del concetto già espresso dall'ETO. La nuova problematica ha suscitato l'interesse dello studio presentato nella tesi che concepisce un nuovo metodo risolutivo delle problematiche: Design to Order (DTO).

GLI APPROCCI ESISTENTI: MTO E ETO

Si vuole presentare una panoramica degli approcci finora esistenti e citati in precedenza. La principale differenza tra MTO e ETO può essere facilmente identificata dalla tipologia di prodotto fornito al cliente. Per il primo metodo il cliente domanda una versione custom di un prodotto appartenente ad una famiglia che l'azienda fornisce normalmente mentre per il secondo la richiesta può essere completamente custom e "stravolgere" lo standard. Tuttavia ci sono altre differenze importanti tra i due metodi.

Nel MTO la domanda del cliente può essere in qualche modo predetta od in parte anticipata grazie alla standardizzazione anche minima dei prodotti offerti. La capacità produttiva può essere pianificata in anticipo quando possibile. La competitività tra le aziende è decisa dall'ultima fase, ovvero la produzione e l'assemblaggio. Il management si concentra particolarmente sulla capacità produttiva e sul controllo delle operazioni.

Nell'ETO la domanda del cliente non può essere predetta data la particolarità dei prodotti offerti. Non avendo una domanda diventa impossibile pianificare la produzione. La competitività tra le aziende è decisa dall'intero processo di produzione. Il management si concentra particolarmente sul contratto col cliente e sulla gestione commesse.

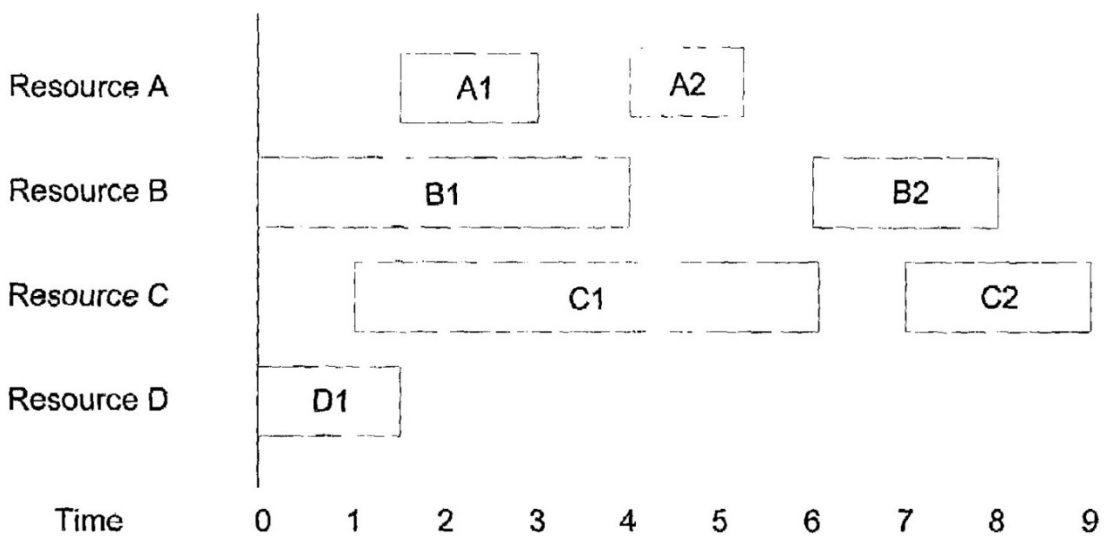
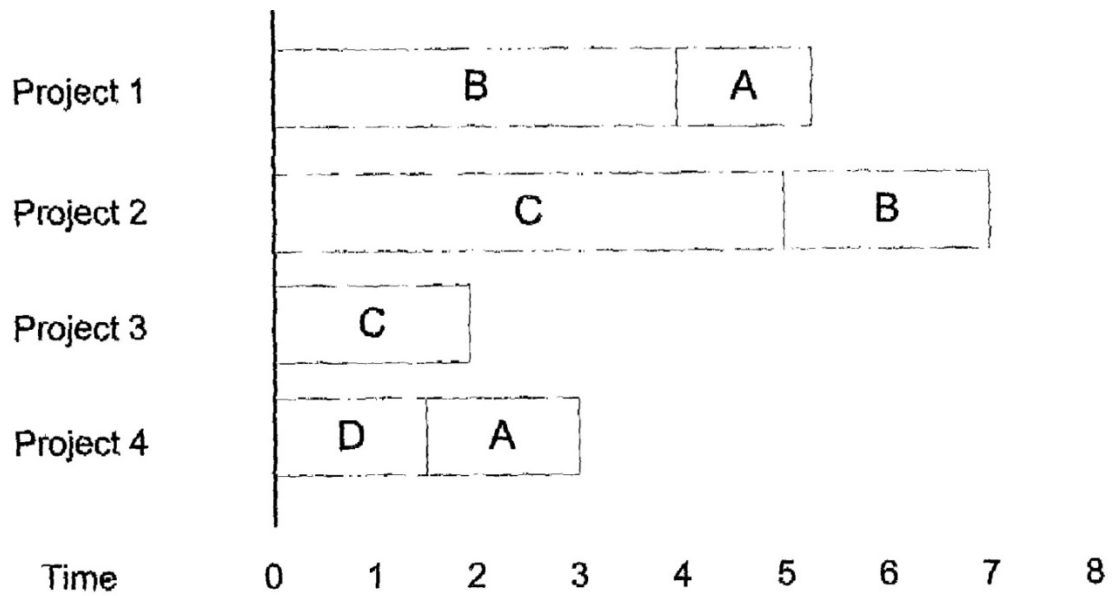
Molte problematiche di questi due approcci sono in comune e sono oggetto di studio da molto tempo. In questi sistemi di produzione molto versatili la customizzazione del prodotto fa sorgere molte difficoltà nella stima del prezzo e del tempo di consegna. Questi possono essere decisi in piena autonomia dal commerciale e dal cliente oppure con l'aiuto del direttore della produzione che si basa sul lavoro complessivo necessario per la commessa. Ci possono essere obiettivi in conflitto durante la pianificazione del lavoro quali la riduzione del lead time (tempo di completamento dell'intera commessa) e del work in progress ed allo stesso tempo la minimizzazione dello scarso utilizzo delle risorse. Entrambi i metodi si scontrano con l'inefficacia della pianificazione del lavoro convenzionale principalmente causata da una conoscenza del prodotto molto scarsa inizialmente che diventa gradualmente più chiara con lo sviluppo della commessa. Le caratteristiche delle risorse di poter operare una grande varietà di prodotti e i vincoli della loro capacità produttiva creano conflitti di priorità che causano fermi-macchina, assenza di lavoro e ritardi nella consegna di componenti. La pianificazione diventa ancora più complessa se si tiene conto che nuove commesse in arrivo con priorità più elevata costringono a rivedere l'intero processo di assegnazione delle risorse e il successivo calcolo dei tempi di consegna.

Tutto questo porta come conseguenze incertezza nei tempi di consegna, lunghi lead time, scarsa utilizzazione delle risorse e aumento dei costi con clienti insoddisfatti.

Le soluzioni proposte dai metodi si rivolgono a tutte le fasi della produzione a partire dall'importanza di una chiara definizione delle necessità del cliente. In questa fase sono già stati offerti metodi per poter "prevedere" e più facilmente gestire i dati in ingresso. La necessità di avere nel più breve tempo possibile ogni dato utile per una veloce e precisa pianificazione è indispensabile ma è anche una fase tra le più delicate e difficili. La pianificazione della fornitura e della produzione con il controllo di tutte gli stage di lavorazione diventa un punto chiave ed è stato studiato approfonditamente. Uno dei metodi per l'assegnazione delle risorse più efficace segnalato in letteratura è chiamato "multi-project scheduling systems", i suoi obiettivi sono l'allocazione delle risorse evitando inefficienze ed assicurando il rispetto dei vincoli della data di consegna. La master production scheduling (MPS) è molto complicata e la sua efficacia viene migliorata con l'introduzione di ordini "virtuali", ovvero non ancora esistenti ma che anticipano operazioni necessarie per ridurre il lungo lead time. Gli ordini virtuali diverranno poi reali quando saranno confermati dalla richiesta del cliente. Tutti i metodi diventano molto più efficaci se esiste un sistema di monitoraggio del completamento e dei costi della commessa. E' facile comprenderne l'assoluta necessità per esempio quando un nuovo progetto con alta priorità rimette in discussione l'attuale pianificazione.

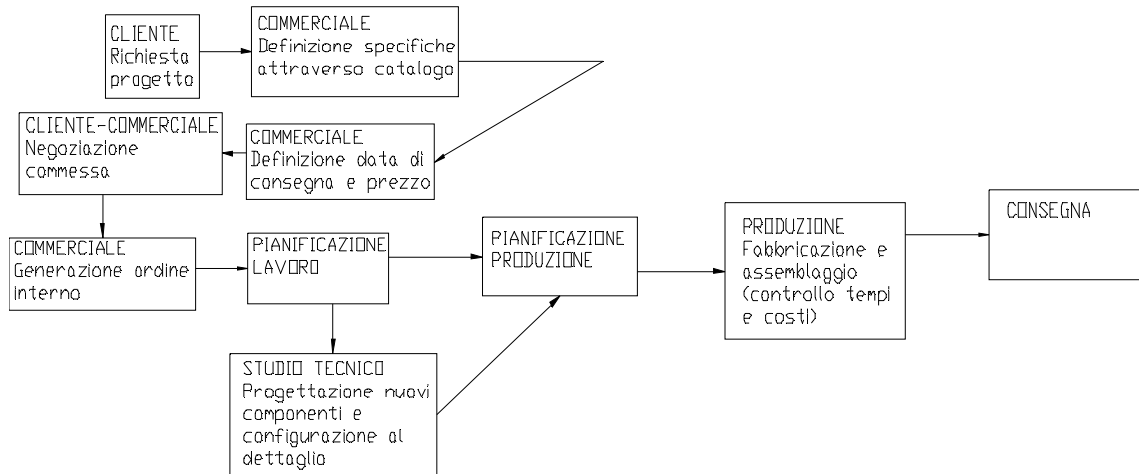
Scopo di questa tesi è presentare un metodo alternativo per l'assegnazione delle risorse per la nuova tipologia d'aziende denominata DTO. Al fine di rendere chiare le motivazioni che hanno spinto a questa scelta si presentano i principi base di un sistema di schedulazione del lavoro e la funzionalità del metodo "multi-project scheduling systems". Gli approcci per l'assegnazione delle risorse sono categorizzati in due distinti gruppi, nominati euristici e procedure di ottimizzazione. L'efficacia di questi metodi è una funzione del numero di risorse e della complessità del progetto. Studi presenti in letteratura (in particolare un articolo di Talbot del 1982) hanno evidenziato come le procedure di ottimizzazione diano ottimi risultati per problemi di piccola complessità mentre gli approcci euristici sono buoni per quelli più grandi. La principale differenza tra le due metodologie si basa sul diverso utilizzo del software e dell'obiettivo: gli euristici sono approcci determinati su delle regole decise dall'ideatore e si propongono di giungere il più vicino possibile alla soluzione migliore mentre le procedure di ottimizzazione si avvalgono di sistemi di calcolo che rientrano nella materia di ricerca operativa e fanno perno su una funzione obiettivo che ha come oggetto minimizzare la variabile scelta ottenendo la soluzione migliore. Come già citato da Talbot le procedure di ottimizzazione sono praticabili quando la complessità del progetto è contenuta, in particolare non si tratta di un

problema di capacità di calcolo ma di traduzione dei requisiti in un numero accettabile e programmabile di equazioni. Essendo i metodi euristici principale argomento della tesi si presentano le loro caratteristiche principali. L'idea di base sull'allocazione delle risorse è classificare le attività basandosi su una o più regole di priorità e successivamente applicare un processo di simulazione (simulando il trascorrere del tempo) per assegnare le attività. Per formulare un approccio che selezioni le migliori soluzioni del problema bisogna considerare diverse caratteristiche: attendibilità, facilità di utilizzo, valutazione delle performance e la stabilità del metodo. Una regola può avere diversi fattori per la sua determinazione ed è l'ideatore a scegliere quale privilegiare. Non esiste un punto comune fra i vari ricercatori per poter misurare le performance di un euristico. Tuttavia non è praticabile né economico applicare tutte le possibili regole e successivamente scegliere la migliore, l'obiettivo di tale pianificazione rimane sempre ridurre il più possibile il lead time. Si necessita quindi di ridurre al minimo i metodi da utilizzare e durante lo sviluppo del progetto monitorare l'andamento e se necessario ripetere la procedura. Altri piccoli accorgimenti sono individuare possibili sub-progetti dove una determinata regola possa funzionare meglio di una che comprenda l'intero progetto, ovvero quando è possibile può risultare decisivo suddividere un grande problema in una serie di piccoli problemi di cui sarà più facile trovare la soluzione. Facendo ora riferimento al metodo multi-project scheduling system si mettono in evidenza le principali caratteristiche: avendo più attività che necessitano di risorse già assegnate per requisiti di progetto ed avendo le risorse che devono operare simultaneamente su più attività il metodo ottimizza l'utilizzo delle risorse e riduce al minimo il lead time per ogni attività ed il work in progress. Il risultato è di assoluta importanza in quanto permette un utilizzo migliore delle risorse e riduce per quanto possibile il lead time. In questo approccio non sono applicati vincoli per la data di consegna.



Al fine di rendere più chiara la differenza tra un'azienda rispondente alla tipologia MTO o ETO ed una "normale" si fa un esempio con incluso la rappresentazione grafica del ciclo dall'ordine alla consegna. Una compagnia produce linee automatiche per la produzione di tubi in plastica. Oltre l'85% del prodotto finale richiede una pesante attività di progettazione. Il tempo per l'immissione nel mercato varia da 2 a 6 mesi. Il commerciale è completamente autonomo durante le attività di interfacciamento col cliente ed è libero di decidere il prezzo finale e la data di consegna. Conseguentemente, il prezzo e la stima del lead time sono spesso non rispettate. Il management delle configurazioni del prodotto è totalmente manuale: una persona con esperienza attraverso un catalogo interno contenente oltre 280 BOM riferiti a prodotti di passate produzioni compone come un puzzle l'ordine del cliente come un'aggregazione di moduli standard, varianti, optional, e gruppi speciali. Nel caso di parti non esistenti contatta l'ufficio tecnico chiedendone la progettazione. In ultimo fornisce un BOM

per l'ufficio di pianificazione della produzione che può essere modificato manualmente durante l'utilizzo di software ERP per renderlo disponibile alla produzione ed all'assemblaggio. I principali problemi riscontrati in questa compagnia sono stati: la mancanza di dati pervenuti dal commerciale che causano ritardi ed errori nella stima del prezzo, mancanza di standardizzazione e proliferazione di numerose parti, incapacità di rendere fluido il processo di informatizzazione ed errori nella pianificazione del lavoro e delle forniture.



In seguito vengono riportati esempi di articoli che trattano delle problematiche affrontate nella tesi a giustificazione e approfondimento delle scelte perseguite.

IL PROBLEMA COMPUTAZIONALE DEL PESO DELLA PROGRAMMAZIONE PER L'ASSEGNAZIONE DELLE RISORSE

(tratto da *Resource Planning Heuristic for Service-Oriented Workflows*)

In questo documento si fa riferimento a una programmazione secondo ottimizzazione combinatoria detta MMKP (multiple choice multi-dimensional knapsack problem). L'obiettivo è minimizzare il costo col solo vincolo del tempo di reazione delle risorse. La complessità di gestione del programma MMKP è direttamente proporzionale al numero di servizi da completare per eseguire un singolo progetto e alla disponibilità delle risorse. Il problema tende ad assumere un peso computazionale sempre maggiore in quanto le funzioni combinatorie sono esponenziali. Per superare la complessità è suggerito in questo articolo l'adozione di un modello euristico denominato H1 GKOM. L'euristico lavora sulla base di ottenere una soluzione quasi ottimale elaborandone una precedentemente calcolata e fattibile. Quando i vincoli diventano multipli il modello ne considera soltanto uno creando una lista e ripetendo l'operazione. Più vincoli presenta il progetto più cicli di riduzione si dovranno fare rallentando la risoluzione del problema. Per creare liste ordinate di risorse si sfruttano parametri definiti come utilità basati sui costi della risorsa e sul tempo per soddisfare l'attività assegnata,

essendo questi i principali vincoli considerati. Una volta ottenuta una lista di candidati si propone la sostituzione nella soluzione iniziale allo scopo di migliorarla. Si sottolinea la qualità della flessibilità dell'ordine secondo elenchi delle risorse, ad esempio manipolando questi risultati parziali si possono evitare ottimi locali. Riassumendo la complessità del problema può essere espressa secondo $(2^m)^n$, essendo m e n reciprocamente servizi e risorse. La risoluzione tramite MMKP in tempo reale non è possibile, invece i modelli euristici avvicinano molto le soluzioni ottimali specie con problemi di grandi dimensioni avendo le prestazioni migliori.

Il lavoro della tesi si confronta coi risultati di tale articolo appoggiando la teoria di una migliore funzionalità degli euristici, specie per la loro flessibilità di programmazione e capacità di adattamento al problema. Le difficoltà computazionali avvalorano la scelta fatta, tuttavia non si ignorano i vantaggi della programmazione lineare per problemi di piccole dimensioni. In particolare per i modelli euristici si trova conferma di buoni risultati sfruttando la combinazione di parametri di utilizzo particolari per le esigenze del problema e l'ordinazione secondo liste di risorse o commesse.

SELEZIONE DEL PORTFOLIO DELLE COMMESSE

(tratto da *Cost Estimating the Quality of Stochastic Network Projects Portfolio*)

Per operare la selezione del portfolio di commesse di una azienda si considerano i parametri fondamentali delle stesse: il budget assegnato, la data di scadenza e l'affidabilità, ovvero la probabilità di completamento. Per operare la selezione si definisce il parametro di utilità, per ottenerlo ci si basa su un compromesso di un modello di ottimizzazione tri-parametrico. Per produrre tale modello si sfrutta un algoritmo ciclico di ricerca bidimensionale su budget e scadenze ed un modello di ottimizzazione parziale (PHM) dell'affidabilità. Il PHM si basa su una procedura euristica ed una simulazione temporale. Questa procedura può essere utilizzata per organizzare la gestione delle commesse in uno studio di ricerca e sviluppo. In particolare si sottolinea lo sfruttamento di diversi euristici per il calcolo di parametri di utilità in abbinata a programmazioni lineari per sub-problemi ottenuti dai precedenti step.

Il lavoro della tesi può essere visto come integrazione o concorrente con questo articolo. Entrambi forniscono parametri di valutazione di una commessa in un largo bacino di possibilità. La costificazione rapida fornita dai modelli della tesi permettono la simulazione di scadenze e costi effettivi delle risorse impiegate ottenendo parametri di confronto per la selezione delle commesse utili all'azienda. In particolare si nota come la soluzione del problema dato il peso computazionale venga affidato a modelli euristici.

COSTIFICAZIONE RAPIDA

(tratto da *Research on Fast Cost Estimation of Project in Project Family Based on Case Based Reasoning*)

Una rapida costificazione delle commesse incide sia dal punto commerciale (offerta al cliente) sia da quello produttivo (pianificazione, controllo rischi e qualità e assegnazione risorse). Molti studi si sono basati su analisi di regressione multipla (MRA), ragionamento su progetti-base (CBR) e reti neurali (NN). Sulla base dei risultati i metodi NN hanno i risultati migliori ma come per i MRA hanno il difetto di essere poco interpretabili e mancano di una chiara correlazione tra attributi e risultati. I CBR invece imitano il processo di ragionamento umano e sono maggiormente intuitivi. La combinazione di più metodi crea risultati migliori, in particolare l'evoluzione del CBR è la migliore in assoluto. I metodi CBR lavorano su un processo di confronto tra il corrente progetto in analisi ed una lista di progetti-base archiviati e già completati dall'azienda. In particolare il confronto viene fatto tramite la WBS tradizionale (work break-down structure) che scompone la commessa in tutta la serie di attività che portano al completamento della stessa. Per generare il WBS si fa riferimento a metodi presenti in letteratura come il GWBS. L'integrazione di tali metodi viene chiamata Project Family CBR (PFCBR). La determinazione di somiglianza tra progetti per la creazione di famiglie si basa sulle esigenze dei clienti, contenuti del lavoro, consumo di risorse, regole di configurazione, ecc. Si può quindi creare una WBS semplificata e standardizzata chiamata GWBS. La GWBS presenta prestazioni migliori dell'analisi diretta attraverso ogni singola WBS. Tuttavia la GWBS contiene anche le informazioni di ogni singola WBS di progetto. Quando avviene il confronto tra i vari parametri scelti la GWBS potrebbe non fornire un caso di somiglianza perfetta, in questo caso dal livello più alto d'informazioni si scende andando alla ricerca in ogni WBS. Una volta superata una soglia di somiglianza si procede al calcolo dei costi utilizzando il livello di informazioni alla quale si è ottenuta la somiglianza. Il calcolo procede secondo l'ordine inverso, partendo dal livello più basso a quello più alto. Riunendo tutte le informazioni ai diversi livelli si potrà ottenere una stima dei costi basandoci solo sui progetti-base. La somiglianza che è un valore numerico che va da 0 a 1, ottenibile a seconda delle caratteristiche degli attributi considerati, determina la precisione del metodo.

Il lavoro della tesi si confronta con quello dell'articolo affiancandosi, ovvero per le particolari condizioni considerate non esistono casi base di commesse dalla quale reperire informazioni e quindi pur scomponendo al massimo la WBS l'incertezza dei risultati è molto alta. Si può immaginare come un'azienda che si affacci a nuove tipologie di commesse non possa sfruttare minimamente il modello proposto nell'articolo ma possa porsi come obiettivo raggiungere un'elevata familiarità col nuovo prodotto. In questa fase è impossibile ignorare una

costificazione rapida, tuttavia è possibile stimarla tramite i modelli proposti dalla tesi. In particolare si nota il filo conduttore che porta l'evoluzione di un'azienda nella conoscenza dei propri prodotti dalle premesse e i risultati della tesi a quelli dell'articolo. Un'altra chiave di lettura è la difficile stima del tempo di realizzazione di commessa, si è ipotizzato che questa venga stimata dal general manager in base alla sua esperienza ma tale articolo offre uno spunto di come si possa ottenere un valore da un procedimento basato su somiglianze (sfruttare il lavoro presentato nell'articolo per generare uno dei dati di partenza per la costificazione secondo il metodo proposto nella tesi).

METODI DI ASSEGNAZIONE DELLE RISORSE NEL CAMPO DEI SERVIZI

(tratto da *Integrated Resource Planning for Diverse Workforces*)

I servizi possono variare notevolmente per la loro natura e quindi hanno esigenze molto diverse per le risorse. La diversità delle risorse rappresenta un impegno notevole per la pianificazione del lavoro volendo porsi come obiettivo il bilanciamento globale dell'intera forza lavoro. Uno degli obiettivi principali per grandi dimensioni di servizi e risorse è far combaciare il più possibile la domanda con la disponibilità. Il difficile rapporto tra qualità offerta e riduzione dei costi passa dal corretto "dimensionamento" della manodopera. La pianificazione può essere suddivisa in tre fasi principali: strategica (lungo termine), tattica (medio termine) e operativa (assegnazione vera e propria di ogni singola risorsa alla commessa). I modelli proposti si riferiscono alla fase tattica. In particolare si farà riferimento ad aziende di grandi dimensioni aventi molte categorie di servizi offerti e un bacino di risorse con competenze diversificate. La pianificazione delle risorse centralizzata utilizza un modello unico per l'intera domanda. Tralasciando i dettagli di come possa essere generato il modello che variano a seconda delle esigenze e delle tipologie di servizi/risorse il principale vantaggio di operare in questo modo è che tutta la domanda è posta sullo stesso livello e quindi è possibile raggiungere un buon bilanciamento delle risorse. Tuttavia eventuali specifiche dei servizi vengono ignorate e determinano incertezza nella realizzazione della commessa. La pianificazione delle risorse decentrata utilizza più modelli per ogni categoria di domanda e risorsa favorendo la corretta mobilitazione e riducendo i rischi di mancato completamento. Tuttavia la proliferazione di diversi modelli causa un mancato bilanciamento delle risorse. La pianificazione delle risorse integrata genera diversi modelli per ogni categoria di servizio ma tratta in egual modo ogni tipologia di risorsa. Come risultato si ottiene un facile bilanciamento della forza lavoro e una riduzione del rischio.

Il lavoro della tesi si trova in parziale conferma con l'articolo, ovvero la possibilità di utilizzare una simile teoria è vincolata dal fatto di non poter generare categorie di commesse e si è

costretti a generalizzarle creando così, di fatto, un modello unico della domanda. In questo articolo si chiama questo tipo di pianificazione "centralizzata", ovvero quella che ha le maggiori probabilità di rischio di mancato completamento avendo però il vantaggio di una buona distribuzione delle risorse. In questo frangente la mancanza di possibilità di operare diversamente costringe a considerare possibili soluzioni al problema di un rischio elevato, ad esempio sacrificando la buona utilità delle risorse si possono prevedere tempi extra di esecuzione del lavoro per ridurre al minimo il rischio.

IL PESO DEI CAMBIAMENTI DEL PROGETTO IN CORSO D'OPERA

(tratto da *Evolutionary Optimization Model for Managing Project Changes with Minimum Cost*)

La difficoltà di gestire i cambiamenti di attributi o attività di una commessa dopo la sua pianificazione è un grande problema per ogni manager. Tuttavia è un'eventualità tutt'altro che rara. I ritardi possono causare pericolosi danni a catena sia a livello di tempi sia per i costi. Nessuno dei metodi finora studiati risolve adeguatamente l'allocazione delle risorse dopo l'evento che muta le premesse della commessa. In questo articolo si propone un modello che quantifichi la perturbazione della soluzione ottimale e i costi della variazione del progetto consentendo la gestione del problema ai manager. A questo scopo si utilizzano algoritmi genetici, ovvero si basano sulla teoria darwiniana di selezione naturale. Da un bacino di soluzioni si passa ad una selezione e ottimizzazione trasportando dal livello gerarchico precedente solo i "geni" buoni. Man mano che si procede nella selezione si arriva ad una soluzione ottimale. Per far funzionare tale algoritmo è basilare porre numerosi vincoli in modo da limitare il raggio d'azione. Nel modello sono contenuti i costi di mobilitazione/smobilizzazione e standby delle risorse considerando il trade-off sulla base del costo. Nel processo di riallocazione a causa dell'evento si considera se sia più costoso un ritardo con conseguente stand-by oppure la smobilizzazione di una risorsa per lo spostamento da una commessa ad un'altra. Il vantaggio competitivo di rispondere velocemente ed efficacemente alle mutazioni dei parametri delle commesse è indubbio e va fortemente tenuto conto.

Il lavoro della tesi si confronta con tale articolo acquisendo coscienza del problema e proponendo un'analisi dell'efficacia dei metodi proposti in condizioni di cambiamenti delle premesse della commessa facendo riferimento a quello che è considerato il parametro più rischioso. La possibilità di riorganizzare tutta la pianificazione a seguito di una modifica sostanziale non può essere esclusa, i modelli proposti se applicati nuovamente non considerano il costo di mobilitazione della risorsa infatti si tende a non operare in questo modo per la possibile generazione di costi non previsti e difficilmente individuabili.

Anticipando i risultati si può affermare che la reazione dei metodi al mutamento della commessa è piuttosto buono e va considerato di volta in volta quale sia la soluzione migliore tra accettare il costo aggiuntivo oppure la pianificazione ex novo.

Pubblicazioni/Argomenti	ETO&MTO	Programmazione lineare/euristici	Metodi di assegnazione risorse/commesse	Gestione dei cambiamenti in corso d'opera	Costificazione	Metodologia
Persona, Regattieri, Romani, 2003	X					Letteratura e casi studio
Eckert, Ertogrul, Miede, Repp, Steinmetz, 2008		X	X			Modellazione
Kern, Shakya, Owusu, 2009			X			Modellazione
Yan, 2010			X	X		Modellazione
Zhe, Yuan, 2011					X	Modellazione
Greenberg, 2010					X	Modellazione

LA NECESSITÀ DI UNA NUOVA METODOLOGIA: DTO

L'utilizzazione delle strategie MTO ed in particolare ETO potrebbe ancora dare risultati adeguati anche in una condizione di Design to Order (DTO) però con piccole modifiche si possono ottenere grandi miglioramenti. Si è visto come la differenza più evidente tra i vari metodi sia la tipologia di prodotto offerto, in particolare il livello di customizzazione. Nel caso particolare del DTO non si può più parlare di una vera e propria diversificazione del prodotto per il cliente. Nell'ETO si è arrivati a considerare un prodotto totalmente customizzato, ovvero nell'ipotesi più estrema ad ogni ordine si provvedeva ad una riprogettazione del prodotto in funzione delle nuove specifiche richieste. Tutto ciò comunque fa riferimento ad una tipologia di prodotto, questo concetto può essere facilmente inteso come un'azienda produttrice di navi: ogni nave richiede un progetto a sé stante per i requisiti imposti dal nuovo ordine, tuttavia l'azienda ha una forte competenza e conosce nel dettaglio il know-how. Nel DTO non esiste la possibilità di categorizzare il prodotto commercializzato, ma al limite i servizi offerti. La totale mancanza di uno standard di prodotti contribuisce ad un elevatissimo rischio esasperando la pericolosità di operare in simili condizioni. Ci può essere inoltre una mancanza di know-how, si considera quindi l'azienda in continua avanscoperta ed alla ricerca di un mercato stabile su cui fare affidamento. L'elevatissima versatilità di questa politica aziendale permette di avere un portafoglio clienti il più possibile vario e di poter assorbire eventuali cali di domanda da parte di alcuni settori sopperendo con conoscenze in altri campi. Il rischio potrebbe non valere il "gioco", la possibilità di non completare una commessa o di non poter acquisire nel tempo necessario il know-how sono i principali fattori di insuccesso. Percorrere questa strada ha bisogno di grande coraggio e spirito di sacrificio da parte della dirigenza tecnica ma può dare grandi risultati nel caso si riesca ad aprirsi un passaggio verso una fascia di mercato stabile e redditizia. Come nell'ETO non è possibile poter prevedere la domanda del mercato e quindi è molto difficile poter fare pianificazioni della produzione su lungo termine. La competitività in questo ambito si rivolge a qualsiasi fase della lavorazione, il lead time ed il prezzo finale sono i principali fattori di successo di una commessa. Spesso si può partire in posizioni di svantaggio dovendo competere con aziende che possono attuare strategie MTO ed ETO o che hanno un know-how più radicato e di esperienza. Il management ricopre un ruolo fondamentale, si rivolge in particolare verso la gestione dei rapporti col cliente e nella pianificazione del lavoro. Tuttavia nulla può essere trascurato, l'elevata competitività spinge ad ottimizzare ogni fase del processo eliminando ogni possibile errore od inefficienza.

Le problematiche affrontate per le strategie MTO ed ETO sono ovviamente accentuate in questo caso e le soluzioni diventano più difficili. La stima del prezzo e della data di consegna sono i primi fattori di grandi difficoltà, spesso non essendoci esperienza pregressa in un campo si deve fare affidamento al proprio "istinto" e buon senso però non è possibile essere troppo cautelativi, a causa dell'elevata competitività in questa prima fase bisogna essere molto "aggressivi". Questa fase non può essere lasciata al caso e le persone che compiono queste prime decisioni devono essere persone d'esperienza e di alta fascia nella gerarchia aziendale. Come nei casi precedenti gli obiettivi in conflitto possono essere diversi ma quelli prioritari diventano la riduzione del lead time e dei costi facendo passare in secondo piano ad esempio la riduzione del work in progress o lo scarso utilizzo delle risorse. La pianificazione può essere messa in crisi dall'arrivo di nuovi progetti con priorità più alta quindi diventa fondamentale avere una pianificazione versatile e facilmente aggiornabile. Un fattore importantissimo in questa condizione è che durante la realizzazione della commessa le informazioni ed il know-how su di essa aumentano contribuendo ad un miglioramento delle prestazioni dell'intero processo produttivo. La stessa pianificazione può beneficiare di questo andamento diventando più efficace ed il completamento con successo di una commessa rappresenta un grosso passo avanti per l'azienda.

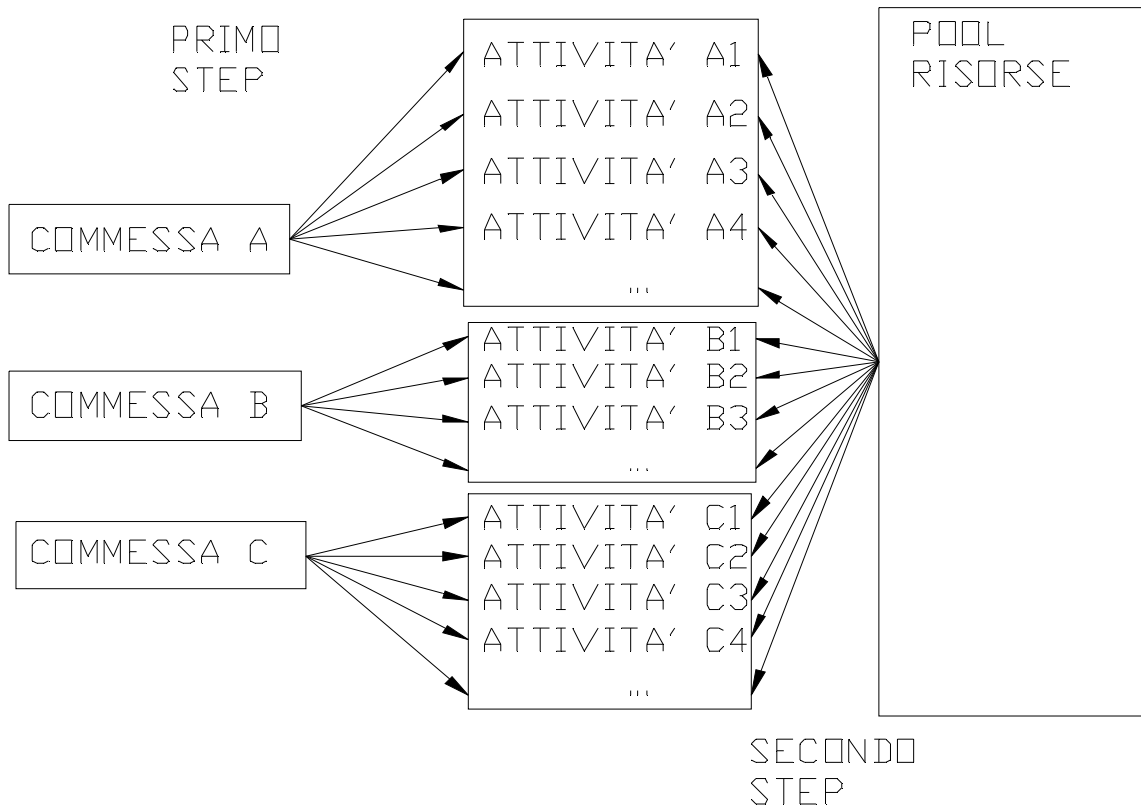
Le conseguenze di una cattiva gestione rimangono le stesse ma è molto più facile che accadano dato l'elevato rischio. In particolare il lead time può aumentare vertiginosamente con il trascorre del tempo e delle problematiche della commessa, lo scarso utilizzo delle risorse può diventare molto costoso e l'insoddisfazione dei clienti può trasformarsi in un vicolo cieco.

In precedenza si erano citati metodi per MTO ed ETO per prevedere e gestire i dati in ingresso da parte del cliente, in queste condizioni diventano assolutamente interessanti e data la delicatezza della prima fase ogni possibile aiuto o miglioramento va adottato. Un continuo controllo dell'andamento della commessa diventa d'importanza vitale, nelle commesse in cui non si ha un vero e proprio know-how la conoscenza e l'apprendimento di dettagli o dati (ad esempio stime migliori del lead time) e il monitoraggio di ogni singola fase dello sviluppo sono necessari per tutti i reparti dell'azienda. Più informazioni si ottengono su progetti "sconosciuti" più velocemente si potranno aggiornare pianificazioni ed anticipare ritardi od errori. La schedulazione del lavoro presentata in precedenza potrebbe ancora funzionare correttamente dando buoni risultati ma la sua applicazione comporterebbe due difetti. Nelle aziende DTO si sperimenta fin da subito una difficoltà di comunicazione tra le varie risorse al momento del passaggio delle "consegne". Anche rispettando milestones e prevedendo incontri di aggiornamento tra i vari reparti o tra le stesse risorse sorgono numerosi problemi. La causa di queste difficoltà è principalmente la mancanza di un know-how generale appartenente

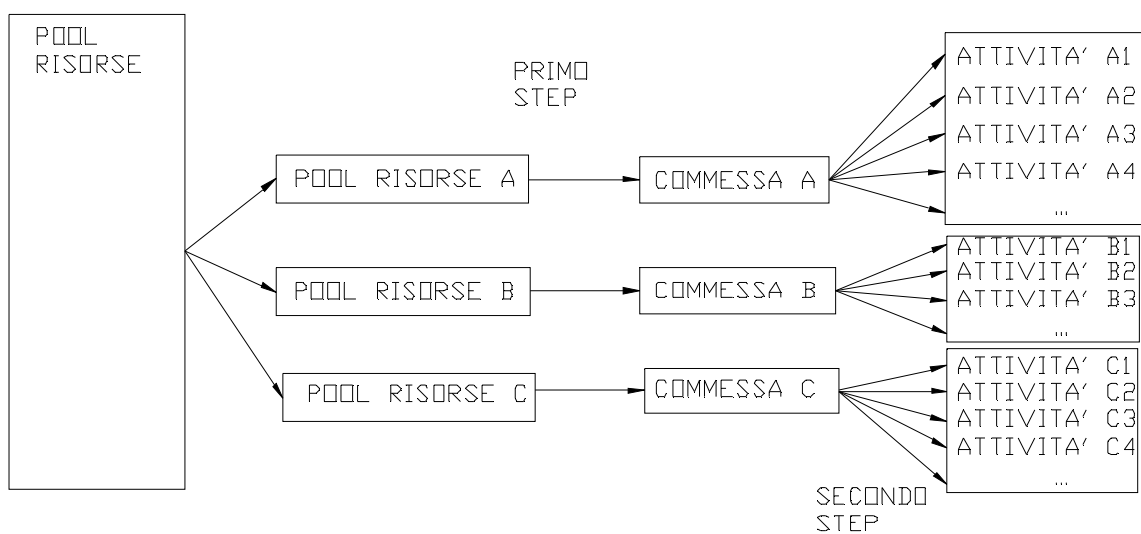
all'azienda stessa e di uno mancante da parte delle risorse stesse. La pianificazione per attività risulta molto contratta, complicata e quasi sempre inaffidabile. Solo per commesse di cui esiste una esperienza pregressa si può "tentare" di operare come ETO, negli altri casi risulta incompleto e poco efficace. Sostanzialmente le problematiche come già detto sono due: il passaggio di consegne tra le risorse e l'incapacità di identificare a prescindere con precisione tutte le attività. Si propongono due soluzioni molto semplici ma che aggravano leggermente il compito di pianificazione del lavoro. L'iniziale incapacità di identificare con precisione le attività può essere facilmente superata facendo uno step indietro: anziché considerare le singole attività si sposta l'attenzione sulla commessa nella sua interezza. Questo ragionamento trova supporto nell'atto pratico nella stima dei tempi: per un nuovo progetto è molto difficile prevedere il tempo necessario per le singole attività tuttavia è più facile stimare il tempo complessivo di completamento della commessa. Gli errori percentuali giocano a favore di questa soluzione: infatti se si pensa che un possibile errore del 10% sul lead time della commessa (che come si vedrà nei metodi generati viene tranquillamente gestito) possa essere suddiviso equamente tra tutte le attività allora l'errore di una metodologia basata sulle singole attività genererà un errore complessivo piuttosto contenuto, ma data la complessità della commessa e la mancanza di know-how proprio sulle attività non si può considerare solamente questa ipotesi. Infatti se l'errore si concentra quasi esclusivamente su una attività il metodo stesso perde quasi totalmente l'efficacia per il quale era stato studiato causando scarsa attendibilità, elevati work in progress e costi non più controllati. Si può quindi pensare alla soluzione come ad una pianificazione a "scatola chiusa" della commessa. Ogni "scatola" riporta i dati generali come la stima del lavoro necessario al completamento e la data di consegna che sono i principali vincoli e gli unici dati che abbiano una buona attendibilità. I pregi di questo nuovo punto di vista della pianificazione sono il carattere assolutamente generale e semplice, per il management sarà facilissimo e veloce ottenere informazioni su lead time, costo e utilizzo delle risorse. I primi due dati in particolare sono molto importanti per il rapporto con il cliente ed un loro costante aggiornamento rappresenta un grande vantaggio. Questo step tuttavia non può esistere da solo, si suggerisce quindi dopo l'assegnazione delle risorse a "scatola chiusa" di utilizzare all'interno della commessa metodi per la gestione delle attività, in particolare sarà più facile dopo una fase preliminare di studio avere dati più attendibili, tutto ciò però non sarebbe possibile se non si facesse la precedente fase di pianificazione. Il secondo problema identificato come la perdita di tempo nel passaggio di consegne tra diverse risorse può essere superato adottando un vincolo alla soluzione studiata in precedenza. Si è visto nell'atto pratico che l'introduzione di nuove risorse a progetti già in "opera" causa la necessità di apprendimento della nuova risorsa con una prima perdita di tempo non particolarmente

grave. Ciò che è più importante è il momentaneo fermo della risorsa che sta accumulando esperienza e know-how e che quindi ha la massima efficienza per “trasferire” le sue conoscenze pregresse alla nuova risorsa. Si generano quindi due perdite di tempo di cui una gravissima. Se si pensa che la scomposizione in attività fatta dopo la fase a “scatola chiusa” di pianificazione individua attività piuttosto piccole rispetto alla commessa e che l’atto di trasferimento delle conoscenze possa impiegare da 15 minuti a diverse ore a seconda della complessità il problema comincia a diventare gravoso. Inoltre se questo procedimento viene ripetuto quasi ad ogni attività che necessita un cambio di risorsa l’inefficienza dell’intero sistema produttivo diventa critica. In particolare questi concetti non si applicano a realtà produttive manifatturiere ove si producono materialmente i prodotti ma a categorie di aziende che offrono servizi quali consulenze o realizzazione di progetti ingegneristici. Essendo il DTO rivolto particolarmente ad aziende che offrono servizi in cui il prodotto non sia necessariamente “materiale” il problema indicato diventa particolarmente importante. La soluzione più semplice da adottare è porre un vincolo al processo di pianificazione: le risorse possono seguire solo una commessa alla volta e solo ed esclusivamente dall’inizio alla fine. Questo vincolo può apparire particolarmente stringente ma se si osserva l’atto pratico non si ha alcun vantaggio che una risorsa segua più commesse in contemporanea generando inutili work in progress e perdita di efficacia nella fase di accumulazione di nuovo know-how. Seguire dall’inizio alla fine una commessa è un vincolo che va inteso dal punto di vista che in questo modo si obbliga il metodo a non inserire nuove risorse a progetti già iniziati. Questo comporta anche il vantaggio che tutto il nuovo know-how si suddivida tra risorse selezionate e non rimanga frammentato su più risorse. Ovviamente in particolari condizioni questi vincoli si possono sorvolare favorendo soluzioni intermedie od ibride per necessità dell’azienda. L’applicazione di questi vincoli a metodi ideati per le attività risulta piuttosto complessa quindi si è preferito introdurli già nello step della gestione delle commesse a “scatola chiusa”. Ecco delle schematizzazioni dei processi di assegnazione in cui si evidenzia la differenza:

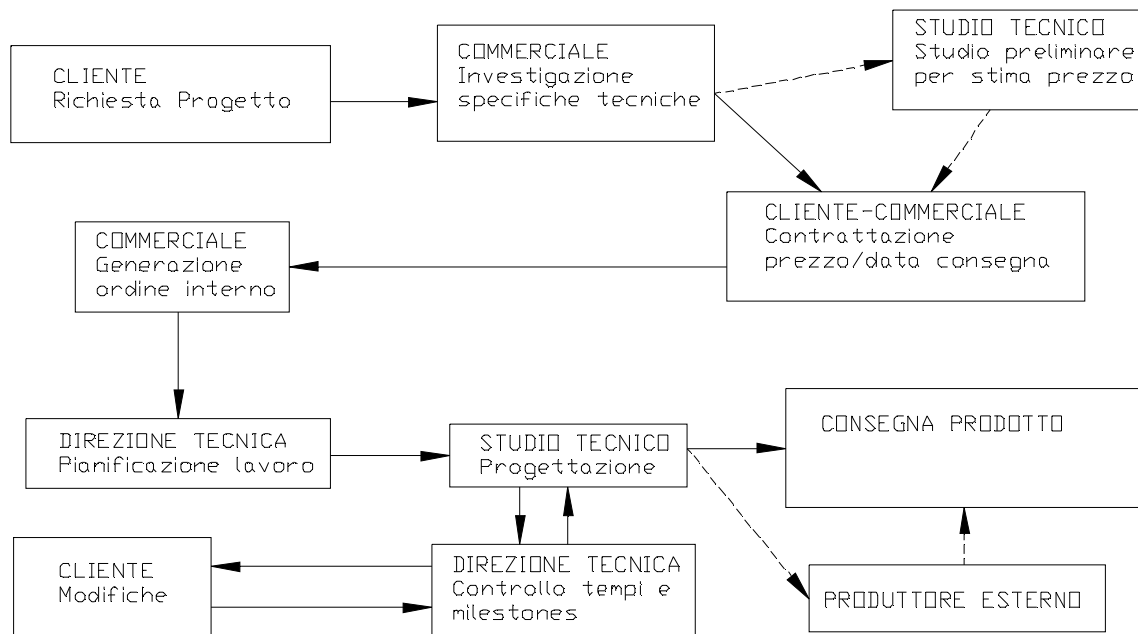
MULTI-PROJECT SCHEDULING SYSTEMS
 MODALITA' DI ASSEGNAMENTO



COMMESSE A "SCATOLA CHIUSA"
 MODALITA' DI ASSEGNAMENTO



Si presenta a titolo di esempio un ciclo di ordine-consegna di un'azienda DTO:



Spetta al commerciale la prima investigazione dei requisiti tecnici del nuovo progetto, occasionalmente e solo se necessario può fare affidamento sulla consulenza dello studio tecnico che realizza uno studio preliminare. Lo studio preliminare anche se per determinare dati importanti quali la stima del prezzo e della data di consegna non è voluto in quanto comporta un costo senza la certezza dell'ordine. In seguito avviene la contrattazione e la generazione dell'ordine interno. La percentuale di commesse che vengono confermate dopo la prima fase col commerciale è relativamente bassa. La direzione tecnica quindi pianifica la suddivisione del lavoro senza seguire particolari criteri ma basandosi quasi esclusivamente sulla priorità del progetto. In seguito avviene la realizzazione del progetto che viene controllata periodicamente dalla direzione, in particolare le modifiche del cliente passano quasi solo attraverso la direzione causando ritardi evitabili. A seconda delle necessità l'azienda si affida ad un produttore esterno per la realizzazione materiale del progetto prima della consegna. I principali problemi riscontrati sono una mancanza di pianificazione del lavoro che porta a lunghi lead time, alto rischio di mancata consegna e scarsa versatilità del sistema produttivo.

I METODI PER L'ASSEGNAZIONE DELLE RISORSE ALLE COMMESSE A "SCATOLA CHIUSA"

Si presentano le caratteristiche delle commesse intese come "scatola chiusa" per l'utilizzo nei modelli: esse sono intese come generiche, non si riferiscono strettamente alla produzione di un "lotto di pezzi" ma all'insieme di tutte le operazioni necessarie per fornire al cliente il prodotto (od i lotti di prodotto) nei tempi di consegna stipulati da contratto. In particolar modo si è pensato ad una commessa come ad un "progetto" che può prevedere o meno anche la realizzazione oggettiva del prodotto seguendo la tipologia più comune riscontrabile in aziende DTO. Questo comporta non poter correlare direttamente la produttività al tempo di compimento della commessa. I contratti che si prendono ad esempio sono stipulati in base alle ore previste per la realizzazione della commessa.

Gli obiettivi della pianificazione e gestione delle commesse sono:

- ridurre i costi al minimo
- rispetto dei tempi di consegna.

Per la definizione degli approcci o metodologie da seguire si sono fatte le seguenti ipotesi:

- tutti gli operatori possono occuparsi di ogni commessa ("flessibilità degli operatori infinita")
- possibilità di lavorare alla stessa commessa da parte di un numero infinito di operatori ("parallelismo della commessa totale")
- un operatore assegnato ad una commessa la segue dall'inizio alla fine ("parallelismo degli operatori nullo")
- gli operatori hanno tutti la stessa capacità produttiva.

Queste ipotesi trovano riscontro nella realtà parzialmente: se le risorse sono riunite per gruppi di know-how, esperienza o competenze specifiche e se la commessa è sufficientemente frazionabile in attività. Le ultime due sono vincoli che si pongono arbitrariamente, tuttavia tutte saranno valutate in seguito all'applicazione dei modelli.

Si definisce con M il numero delle commesse ed N il numero degli operatori. Si analizzeranno approcci per la risoluzione delle tre casistiche possibili: $M < N$, $M = N$, $M > N$.

Gli operatori saranno caratterizzati da un proprio nome N_i , dalla disponibilità oraria DO (h/day) e dal costo orario c_o (€/h).

Le commesse saranno caratterizzate da un proprio nome M_i , dalla stima del tempo necessario per il suo compimento SL (h) e dal tempo di consegna TC (day). La decisione della stima di

lavoro necessaria è uno dei dati più sensibili e difficili da stabilire, molto dipende dalla bravura e dall'accurata conoscenza degli strumenti e delle risorse a disposizione da parte di chi stipula il contratto con il cliente.

In ogni analisi si adopereranno sempre tutti gli operatori disponibili per farli lavorare contemporaneamente.

Per meglio comprendere come gestire le commesse si propone un esempio avente $M=2$ e $N=3$.

Di seguito i possibili accoppiamenti degli operatori alle commesse.

0A	
M1	M2
0	N1-N2-N3

0B	
M1	M2
N1-N2-N3	0

In questi due casi particolari denominati 0A e 0B si genera una coda nelle commesse, ovvero una verrà eseguita prima dell'altra. Nelle tabelle viene indicata quale è eseguita per prima.

1A	
M1	M2
N1	N2-N3

1B	
M1	M2
N2	N1-N3

1C	
M1	M2
N3	N1-N2

Esistono quindi altri tre casi "simmetrici" a quelli appena presentati.

2A	
M1	M2
N2-N3	N1

2B	
M1	M2
N1-N3	N2

2C	
M1	M2
N1-N2	N3

Sono stati analizzati tutti i casi che prevedano l'utilizzo di tutti gli operatori contemporaneamente. In tutto sono 8, però bisogna verificare che tutti portino a compimento le commesse nei tempi di consegna stabiliti. Si indica con TM_i il tempo di compimento della commessa da parte degli operatori.

Caso 0A

$$TM1 = \frac{SL2}{DO1 + DO2 + DO3} + \frac{SL1}{DO1 + DO2 + DO3} < TC1$$

$$TM2 = \frac{SL2}{DO1 + DO2 + DO3} < TC2$$

Entrambe le disequazioni devono essere soddisfatte. Per il caso 0B le disequazioni di $TM1$ e $TM2$ sono "invertite".

Caso 1A

$$TM1 = \frac{SL1}{DO1} < TC1$$

$$TM2 = \frac{SL2}{DO2 + DO3} < TC2$$

Entrambe le disequazioni devono essere soddisfatte. Per gli altri casi si generano disequazioni simili con la sola variazione della combinazione delle DO. Solo i casi che soddisfano le disequazioni porteranno a termine entrambe le commesse entro i tempi utili. Tra queste la scelta ricadrà sul caso più economico, per fare questo si renderà necessario eseguire il calcolo del costo totale di commessa. Si fa un esempio delle equazioni di costo totale per i casi sopra riportati:

Caso 0A

$$Ct = co1 * TM1 + co2 * TM1 + co3 * TM1$$

Caso 1A

$$Ct = co1 * TM1 + co2 * TM2 + co3 * TM2$$

Dunque la miglior combinazione sarà scelta in base al costo minimo scegliendo facilmente tra i dati ricavati, se ci fossero più scelte con ugual costo si dovranno fare altre considerazioni.

Segue un esempio numerico:

Nome Operatore	DO	co
N1	8	25
N2	8	20
N3	4	15

Nome Commessa	SL	TC
M1	40	7
M2	60	7

Caso	TM1	TM2	Ct
0A	2	3	300
0B	3	2	300
1A	5	5	300
1B	5	5	300
1C	10	3,75	fail
2A	3,333333	7,5	fail
2B	3,333333	7,5	fail
2C	2,5	15	fail

Dal caso numerico si evince che solo 4 casi dei possibili 8 rispettano i tempi di consegna, tutti questi hanno ugual costo quindi sono apparentemente indifferenti.

Fino ad ora si sono ritenute vincolanti le disequazioni riguardanti i tempi di consegna tuttavia si possono considerare anche le altre possibilità che hanno fallito il test tenendo conto dell'eventuale costo di ritardo che ci imporrà il cliente (stipulato al momento del contratto e definito da cr, €/day). Non bisogna però aspettarsi dei risultati nettamente migliori, anzi, il peso del costo di ritardo grava moltissimo e viene introdotto solo per analizzare al meglio gli approcci e fare dei confronti completi, anche se questi falliscono i tempi di consegna.

MODELLI DI OTTIMIZZAZIONE

Generalizzare i problemi per poter analizzare tutte le possibilità diventa estremamente complicato quando i numeri di commessa e operatori sono ben oltre le poche unità. Se ci si concentra per esempio alle possibilità dei casi denominati "0" si capisce che si correlano esclusivamente dal numero di commesse e crescono esponenzialmente facendo sì che non sia

possibile analizzarle tutte. A maggior ragione si può pensare che le combinazioni delle risorse in diversi modi aumenti ancora di più. La realizzazione di un modello di ottimizzazione risulta semplice dal punto di vista teorico, la funzione obiettivo è semplicemente quella di costo presentata in precedenza. I primi problemi da affrontare sono il concepimento dell'assegnazione delle risorse da parte del programma informatico e successiva elaborazione della migliore combinazione. In particolare risulta difficile associare alla variabile "operatore" due valori specifici, quello di DO e CO (in seguito si vedrà che potrebbe essere necessario anche aggiungere un'altra caratteristica). La soluzione migliore proposta dal programma andrebbe comunque analizzata a posteriori perché potrebbero esserci vincoli o preferenze da parte della pianificazione non inseribili come vincoli. Nell'atto pratico risulta necessario che sia facile aggiornare il programma eseguendolo più volte senza il bisogno di analizzare il risultato per scegliere le opzioni migliori. Dovrebbe essere inoltre molto flessibile all'aggiunta di nuove commesse, alla variazione di dati riferenti a quelle già inserite o delle caratteristiche delle risorse. Risulta quindi complessa la realizzazione di un programma veramente fruibile da chi ne ha bisogno. In precedenza si era citato che i modelli di ottimizzazione davano eccellenti risultati con un numero di variabili contenuto, tuttavia nell'assoluta generalità di questo studio si è preferito tenere conto di un numero medio-alto di risorse e commesse. Si è deciso infine di non proseguire su questa strada preferendo concentrarsi sulla definizione di modelli euristici molto più facili da programmare e quindi flessibili ed adattabili da chiunque.

MODELLI EURISTICI

Dall'esempio fatto in precedenza si sono dedotte le regole di priorità che caratterizzano i modelli euristici. Si formuleranno affrontando il problema in tre condizioni $M < N$, $M = N$ e $M > N$.

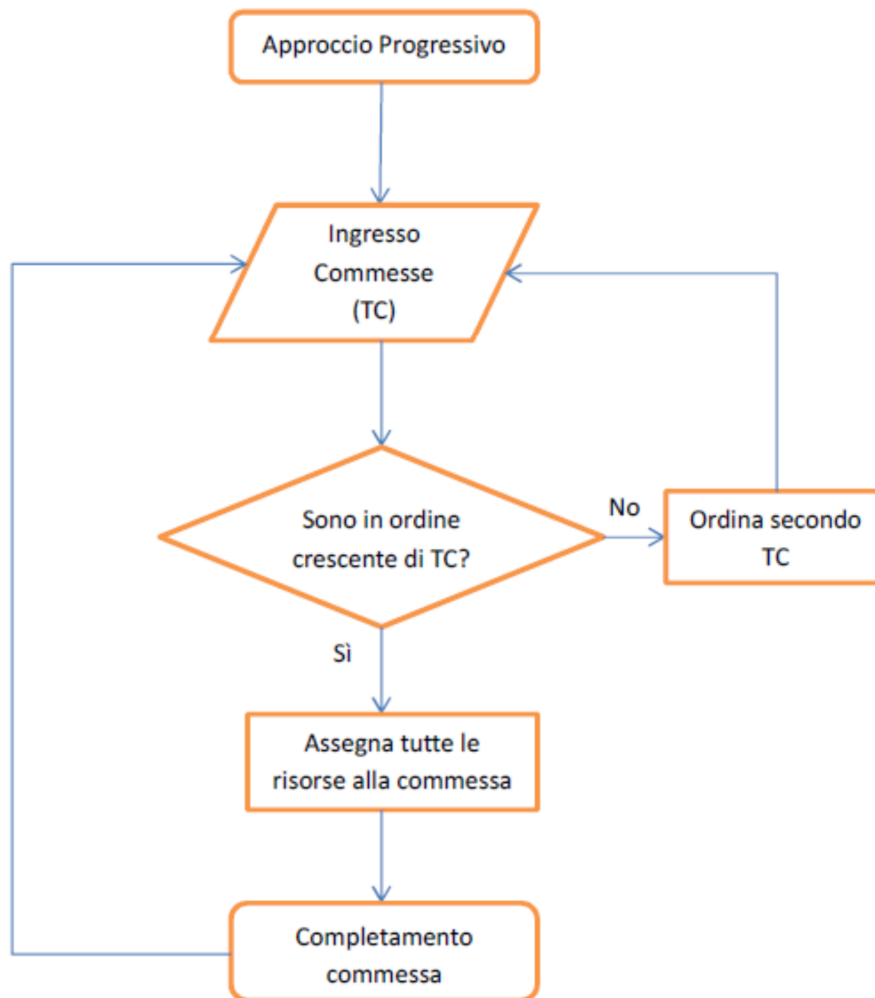
Condizione $M < N$

Approccio Progressivo

Dall'analisi della tipologia dei casi OA e OB si definisce un metodo che verrà denominato d'ora in poi "approccio progressivo". Questo approccio piuttosto semplice concentra tutte le risorse a disposizione su una commessa per poi passare alla successiva. Analizzando tutte le possibilità è facile intuire che il numero di casi "0" (NPO) dipende strettamente dal numero di commesse, ovvero:

$$NPO = M * (M - 1)$$

Quindi anche in un caso piuttosto semplice con 10 commesse si generano 90 combinazioni. A priori è difficile intuire quelli che daranno esito positivo al test dei tempi di consegna, se inoltre si vuole tenere conto dei costi di ritardo si dovranno analizzare tutte le possibilità. Guardando però con maggiore attenzione a come l'approccio affronta le commesse è facile vedere che seppur cambiando l'ordine di esecuzione delle commesse il tempo totale per eseguirle tutte non cambierà. Di conseguenza anche il costo che è direttamente proporzionale al tempo di esecuzione delle commesse non cambierà. L'unica variabile che rimane è quella dei tempi di consegna, ovvero la verifica delle disequazioni. Una volta dimostrato che tutte le possibili combinazioni sono apparentemente indifferenti dal punto di vista del costo totale è facile pensare che l'ordine delle commesse verrà stabilito in base ai tempi di consegna, eseguendole da quella con TC minimo a quella con TC massimo. Questo si può fare, ovviamente, a meno che non ci sia un ordine vincolante delle commesse. Questo approccio che sembra essere molto performante porta con sé dei problemi nell'applicazione: non sempre si possono assegnare un grande numero di operatori ad una sola attività e soprattutto man mano che la commessa viene completata l'efficienza degli operatori diminuisce con la possibile creazione di tempi morti. Queste problematiche verranno considerate al meglio nell'appendice "Approccio Progressivo Parzializzato".



Come si vede dal diagramma di flusso l'approccio è estremamente semplice e consta nell'unica difficoltà di ordinare le commesse secondo tempo di consegna TC crescente. Nel diagramma si è volutamente non inserito una fine del processo evidenziando la caratteristica di affrontare una commessa alla volta.

Approccio in Equivalenza d'Impiego

Questa tipologia di approccio si prefigge di distribuire in modo equivalente le risorse degli operatori ad ogni commessa. Concettualmente è in totale opposizione all'approccio precedente. Per poter applicare questo metodo è necessario prima definire delle variabili fondamentali. La prima è il numero minimo di operatori per commessa N_M

$$N_M = \left\lfloor \frac{N}{M} \right\rfloor$$

Seguendo una logica di minimo costo totale l'assegnazione degli operatori avverrebbe scegliendo quello con c_o più alto per la commessa con SL più basso. Tuttavia il costo totale non dipende esclusivamente dal valore di c_o :

$$Ct = co * \frac{SL}{DO}$$

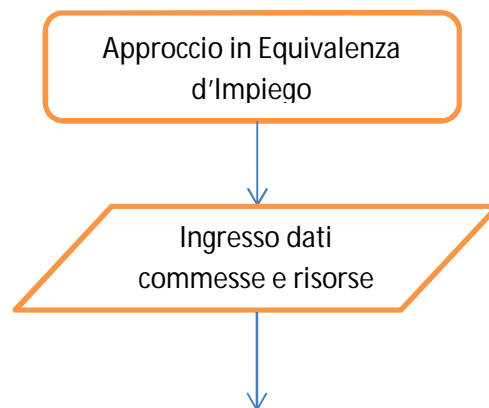
Da questa generica equazione di una singola commessa con un singolo operatore è possibile ricavare l'indice di prestazione dell'operatore stesso (IPO):

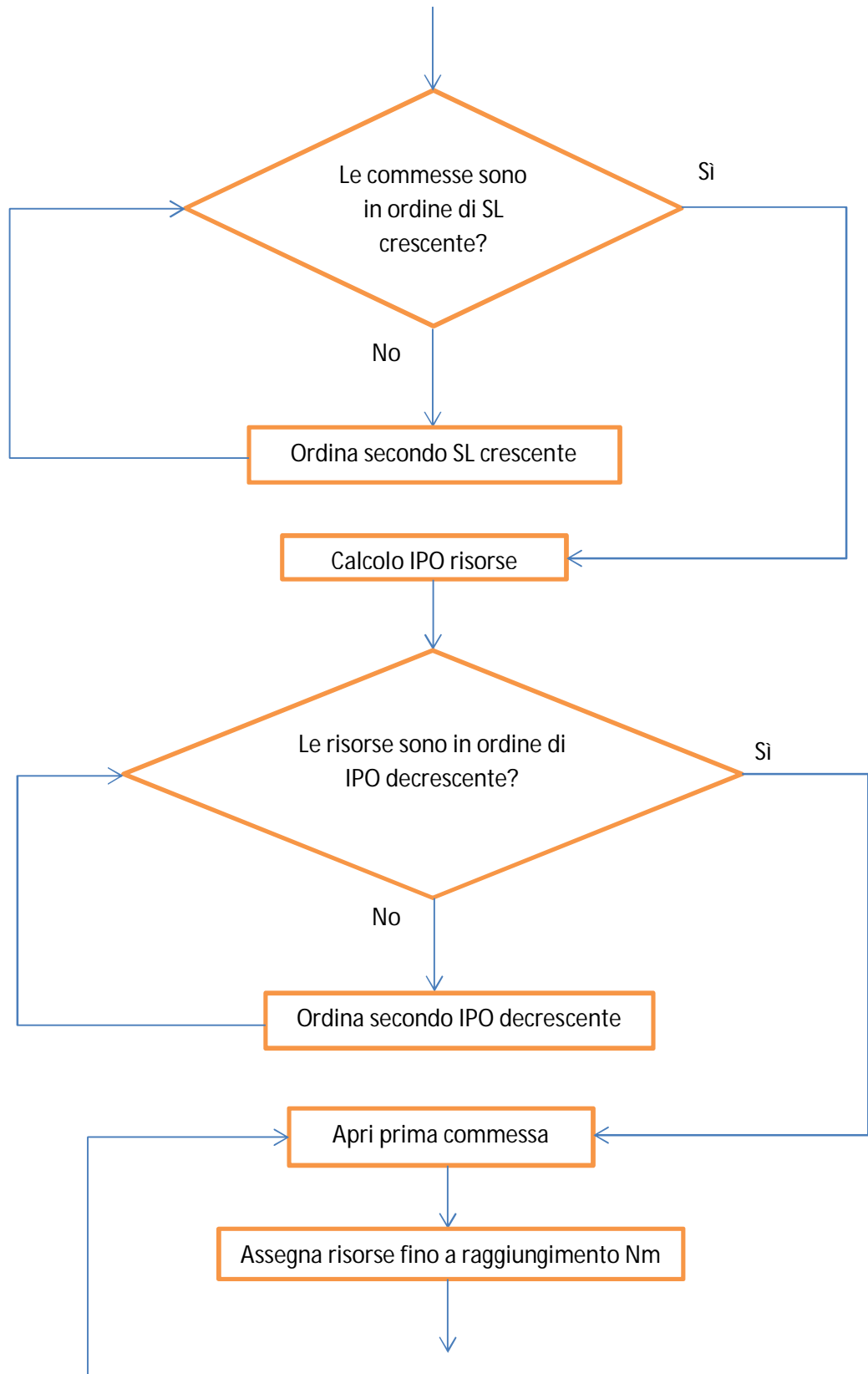
$$IPO = \frac{co}{DO}$$

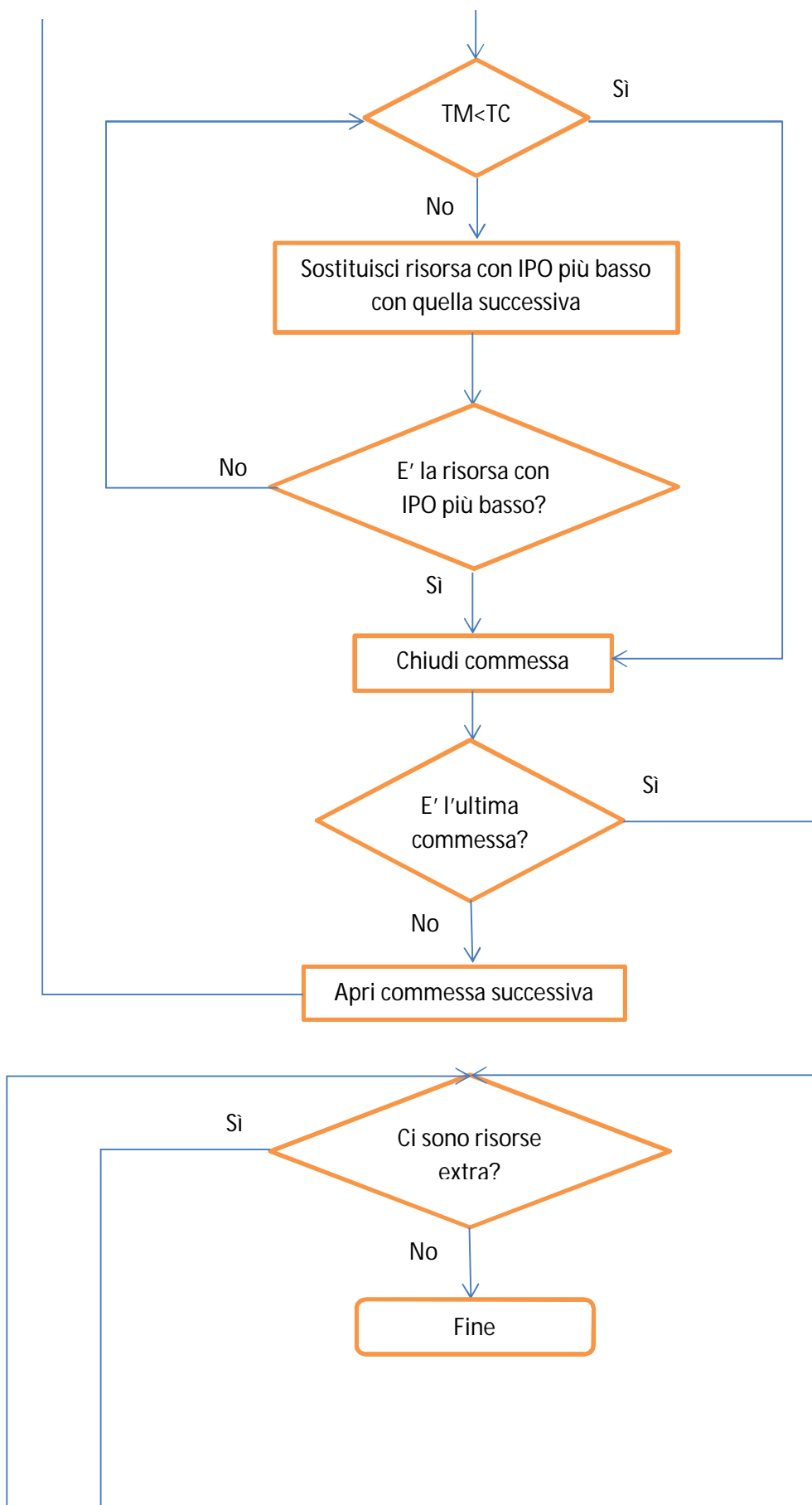
Si dovrà quindi calcolare l'indice di prestazione di ogni operatore e dopo procedere all'assegnazione degli stessi seguendo i passi:

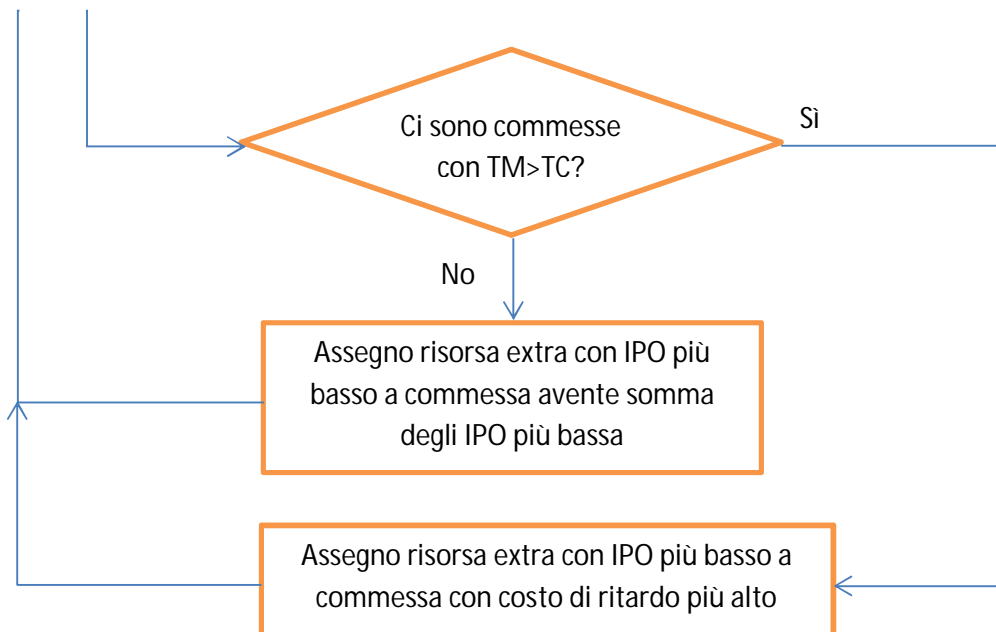
- assegno gli operatori con IPO più alto alla commessa con SL più basso fino al raggiungimento del valore di N_M
- controllo che il TM della commessa sia inferiore al rispettivo TC; se è verificato "chiudo" temporaneamente la commessa, altrimenti sostituisco l'operatore con IPO più basso con quello con il valore successivamente più basso tra quelli non ancora assegnati e procedo a ripetere questo passo fino all'assegnazione dell'operatore con IPO più basso
- una volta assegnati gli operatori a tutte le commesse saranno "avanzati" degli operatori se N_M non è un numero intero; questi operatori "extra" saranno assegnati alle commesse che non avessero superato il test del tempo di consegna ($TM > TC$) scegliendo tra queste quelle con un costo di ritardo di consegna più alto; se tutte le commesse hanno avuto esito positivo al test assegno gli operatori "extra" uno alla volta partendo da quello con IPO più basso alla commessa avente somma degli IPO degli operatori più bassa (ricerca dell'equivalenza di IPO)

Questo metodo può risultare piuttosto rigido applicando un numero di operatori predeterminato ad ogni commessa e non è difficile che vi siano commesse che non riescano a rispettare i tempi di consegna. La rigidità di questo approccio tuttavia, in determinate condizioni, potrà rivelarsi una caratteristica positiva. Se questo metodo avesse costi molto alti l'operazione più facile da eseguire è provare un altro approccio.









Il diagramma di flusso di questo metodo risulta molto più complesso di quello precedente tuttavia è stato scomposto in una serie di azioni elementari. In particolare ci si vuole soffermare sulla qualità dell'approccio di chiudere temporaneamente una commessa anche se questa non è risultata soddisfare la disequazione del tempo di consegna e correggerla successivamente con l'opportunità di aggiungere l'operatore extra. E' importante il ciclo che porta all'assegnazione della risorsa extra per aumentare enormemente l'efficacia del metodo.

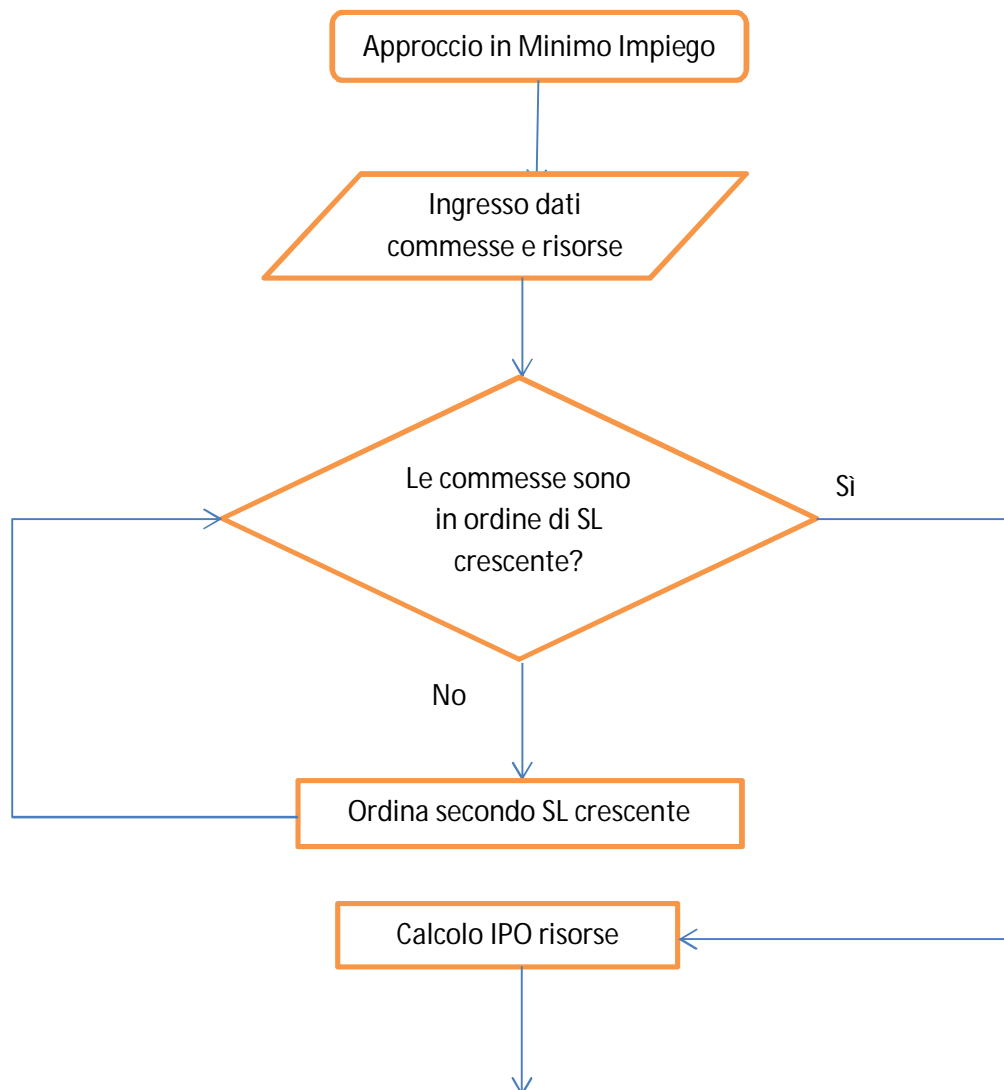
Approccio in Minimo Impiego

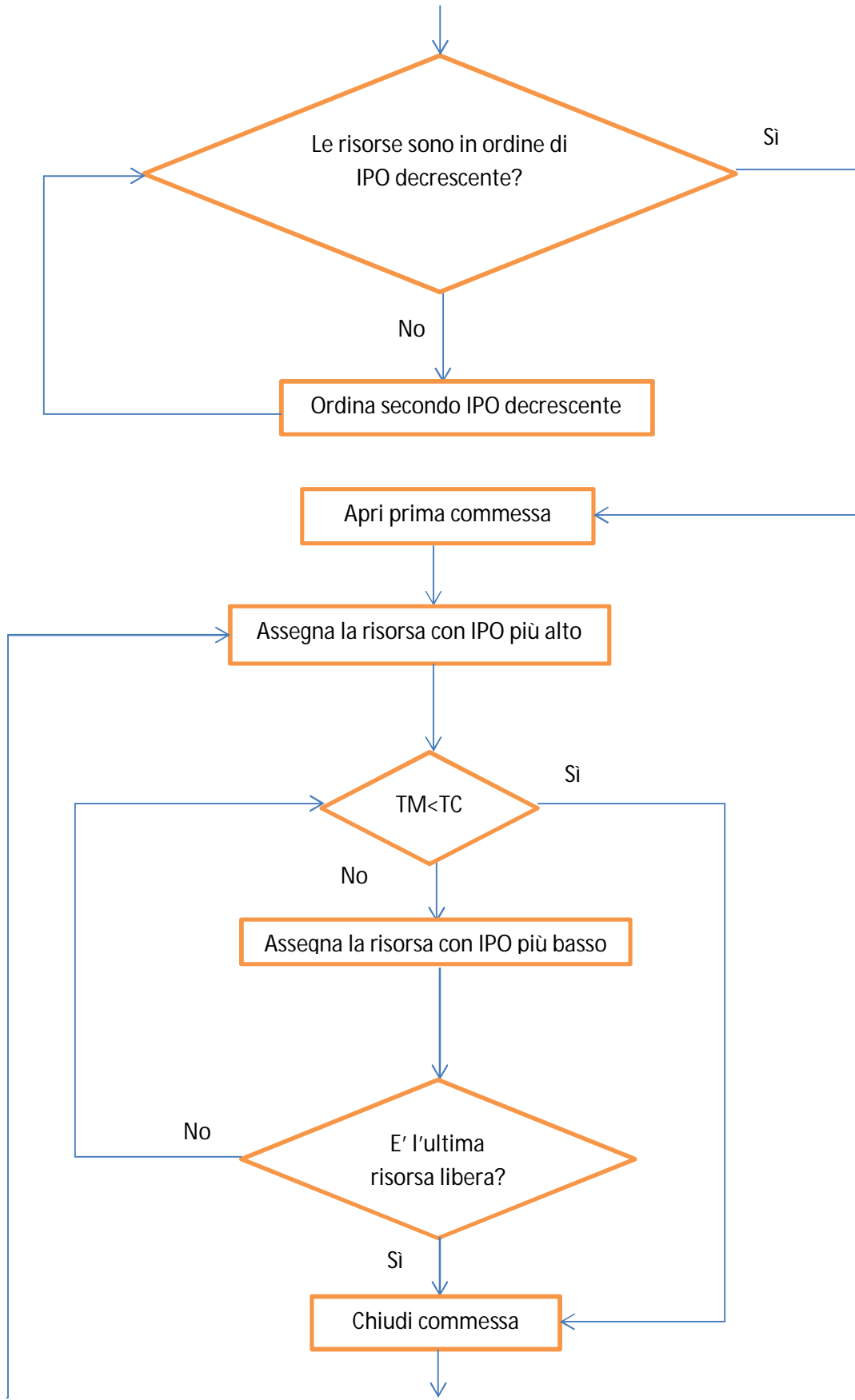
Questo metodo si prefigge di assegnare il numero minimo di operatori per completare la commessa nel tempo di consegna. Apparentemente può sembrare un approccio vantaggioso ma si vedrà che solo in determinate condizioni risulterà il migliore. Anche in questo metodo si sfrutterà l'indice di prestazione degli operatori IPO. Si procederà seguendo i passi:

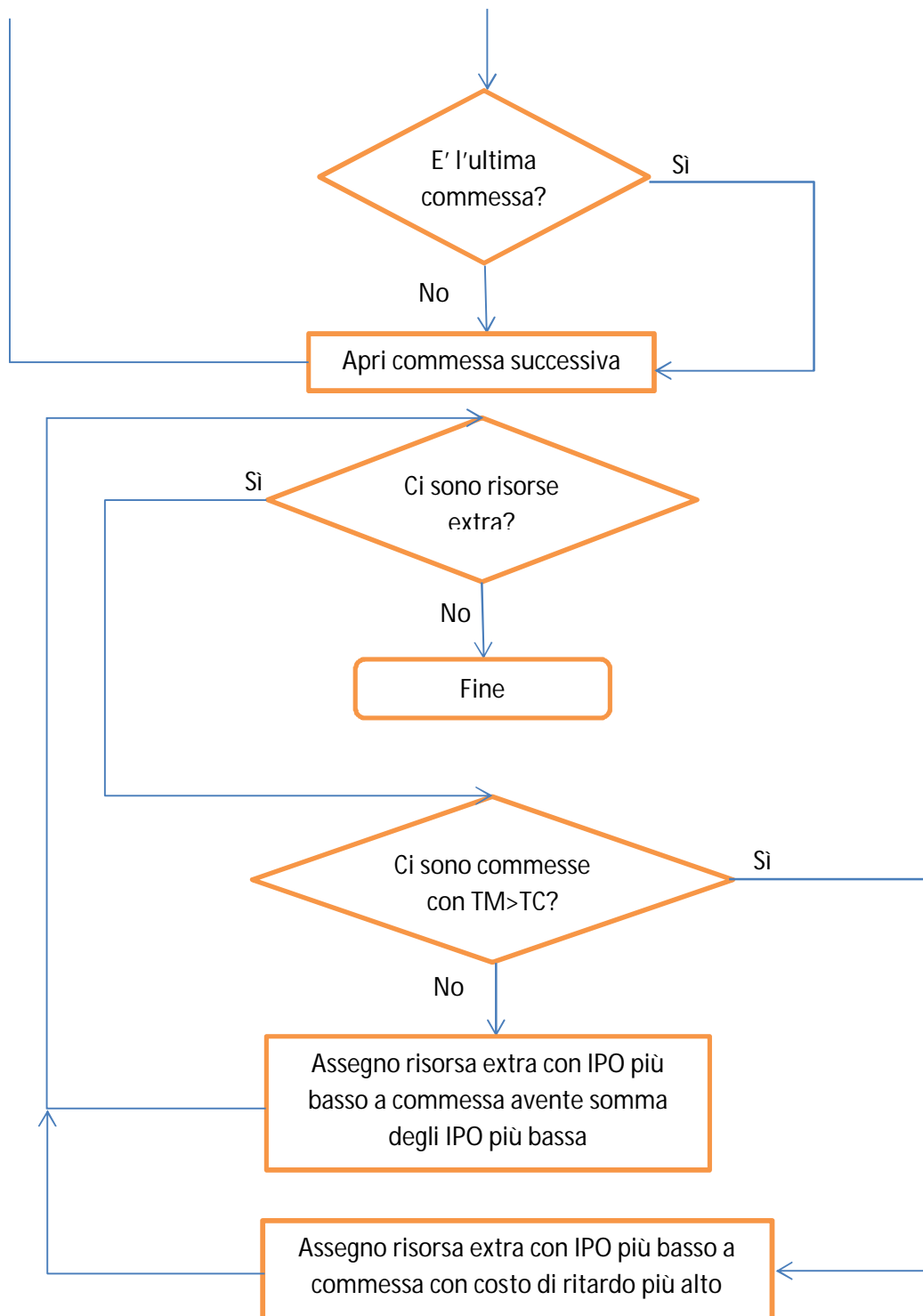
- assegno l'operatore con IPO più alto alla commessa con SL più basso;
- controllo che il TM della commessa sia inferiore al rispettivo TC; se è verificato "chiudo" temporaneamente la commessa, altrimenti aggiungo l'operatore con IPO più basso (seguendo la logica di voler chiudere quanto prima la commessa) e ripeto questo passo

- una volta assegnati gli operatori a tutte le commesse se sono state tutte "risolte" potrà avere degli operatori "extra" che assegnerò (a partire da quello con IPO più basso) alla commessa con TM maggiore (uno alla volta)

Questo approccio potrebbe fallire nel caso in cui ci siano più commesse molto gravose in termini di SL che assorbirebbero tutti gli operatori per eseguirle nel caso vi sia un tempo di consegna piuttosto stretto. In questi casi si è di fronte ad una cattiva gestione degli ordini che mette in difficoltà la gestione di tutte le commesse costringendo a fare alcune considerazioni e probabilmente ad accettare alti costi di ritardo. Si rimanda all'appendice "La Commessa Onerosa".







Rispetto al metodo precedente si sono mantenuti gli stessi modi di gestire i dati in ingresso e delle risorse extra. Nel complesso è leggermente più semplice da applicare.

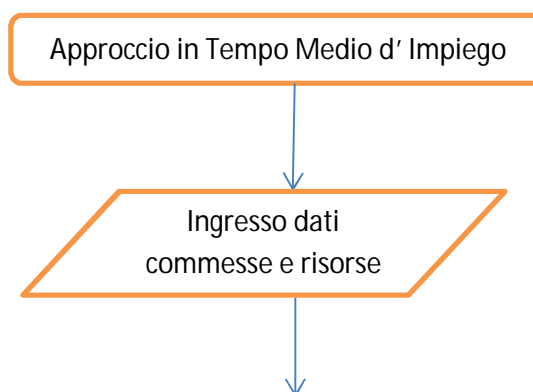
Approccio in Tempo Medio d'Impiego

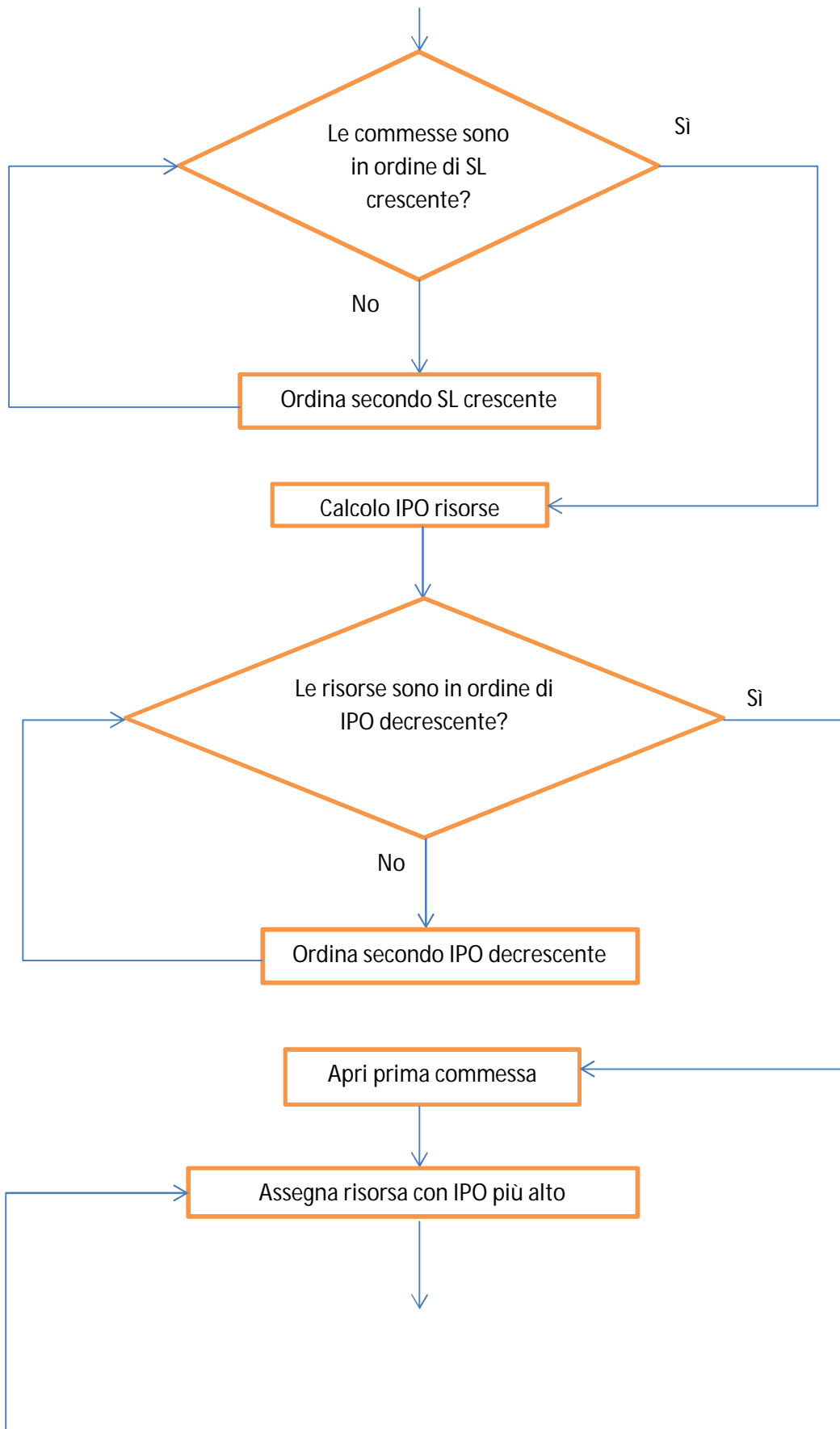
In questo approccio si vuole che le commesse siano svolte tutte in un tempo medio, ovvero arrivino a completarsi tutte alla minima distanza tra loro. Apparentemente questo approccio risulta vantaggioso quando ci sono numerose commesse da completare in tempi di consegna molto simili tra loro. Si vedrà in seguito che questo metodo diventa molto efficace quando i tempi di consegna non sono troppo rigidi e brevi. Si necessita l'introduzione di una nuova variabile: il tempo medio di completamento della commessa TM_m ,

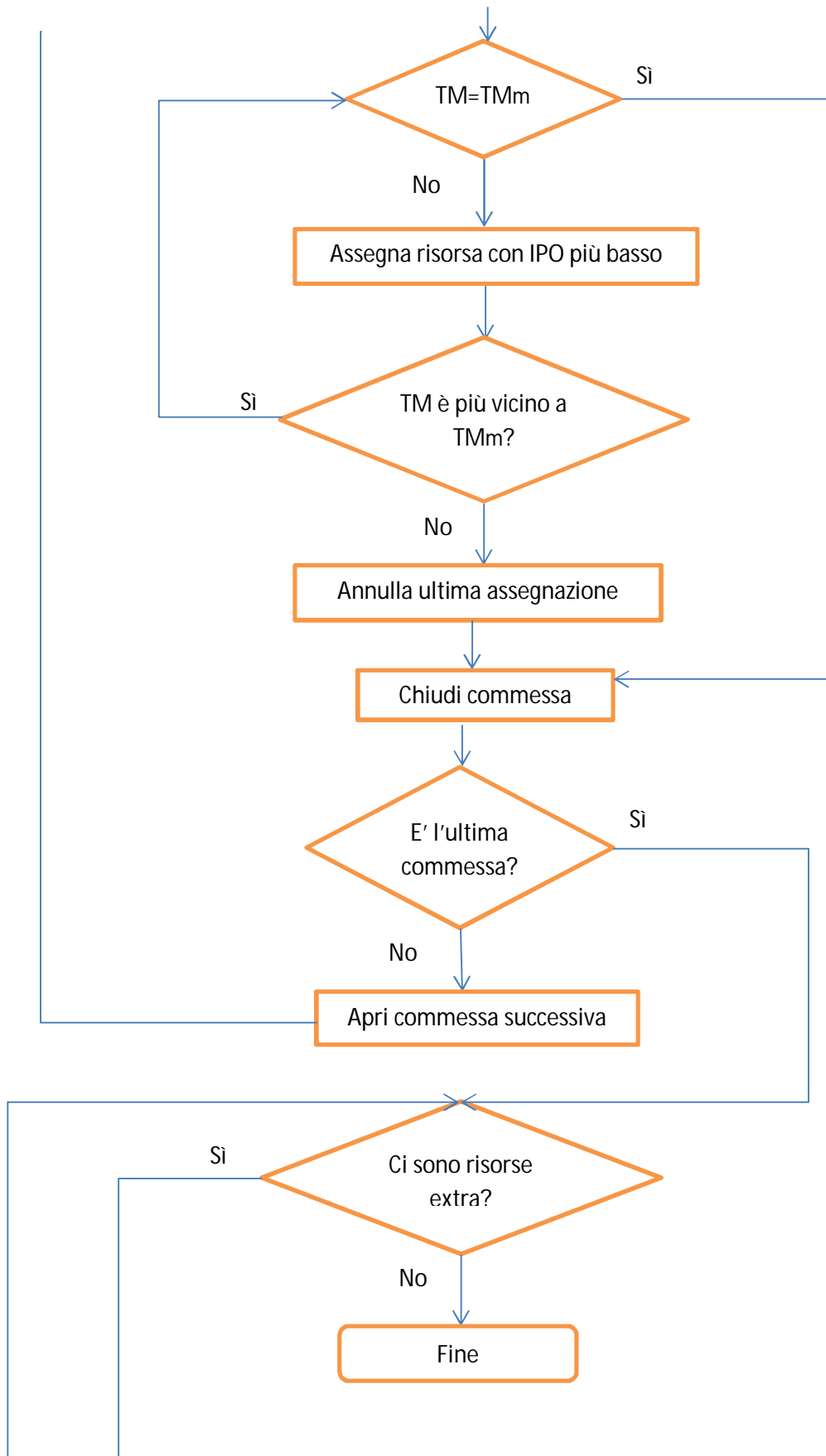
$$TM_m = \frac{\sum_{i=1}^M SL_i}{\sum_{j=1}^N DO_j}$$

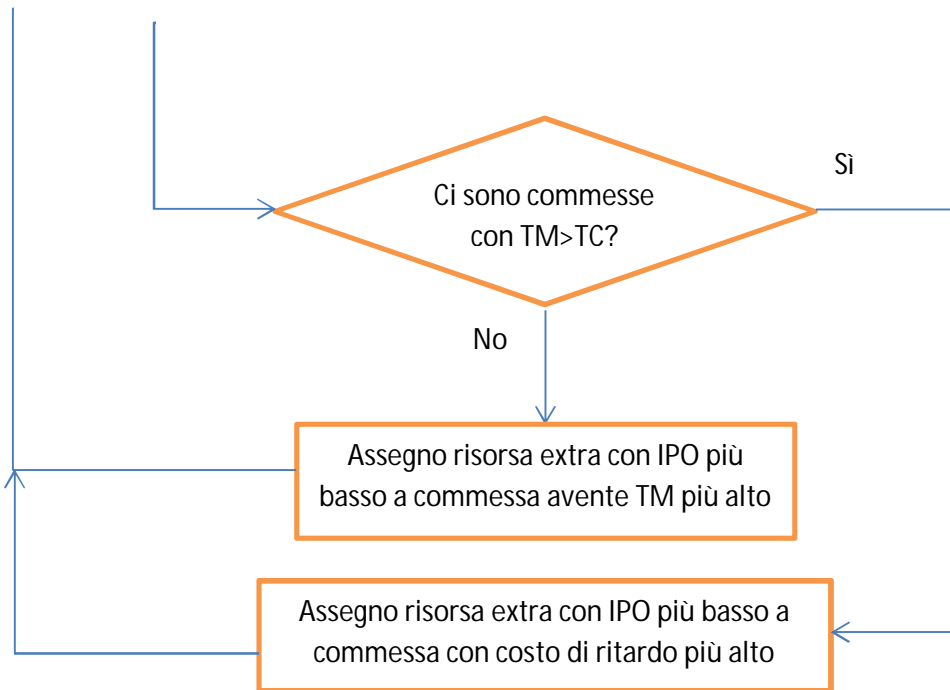
Già adesso è possibile comprendere che se $TM_m > TC_{min}$ ci sarà il rischio di almeno un caso di ritardo se dall'applicazione del metodo non "avanzano" degli operatori. Si procederà seguendo i passi:

- assegno l'operatore con IPO più alto alla commessa con SL più basso
- controllo che il TM sia uguale al TM_m ; se è verificato "chiudo" temporaneamente la commessa, altrimenti aggiungo l'operatore con IPO più basso
- controllo nuovamente il TM con TM_m ; se ci si è "avvicinati" al valore allora proseguo ripetendo il punto precedente, altrimenti elimino l'ultimo operatore aggiunto e "chiudo" temporaneamente la commessa
- una volta assegnati gli operatori a tutte le commesse se "avanzano" degli operatori li dovrò assegnare uno alla volta partendo da quello con IPO più basso alle commesse che non rispettano i tempi di consegna scegliendo tra queste quelle con costo di ritardo più alto, se non vi fossero commesse non risolte allora assegnerò l'operatore alle commesse con TM più alto.









Questo metodo risulta poco più complesso dei precedenti, cambia un dettaglio nella gestione delle risorse extra.

Prima di generare altri possibili metodi è necessario prima provare la validità di questi e quindi si ritiene concluso il primo caso $M < N$.

Condizione $M = N$

Come analizzato per la casistica $M < N$ si definiranno degli approcci per l'individuazione rapida della combinazione migliore. Questa situazione risulta molto più facile da analizzare. L'approccio progressivo definito in precedenza rimane valido anche in questa condizione. Gli altri metodi "degenerano" in due approcci "uno ad uno".

Approccio al Minimo Tempo

Questo metodo si pone di risolvere le commesse nel più breve tempo possibile, l'applicazione è facile e segue un unico step:

- assegno alla commessa con SL maggiore l'operatore con DO maggiore; se si hanno più operatori con lo stesso DO assegnare quello con co più alto alla commessa con SL più basso

Ci si aspetta di avere la massima prestazione a livello di tempi di esecuzione delle commesse, non di costo.

Approccio al Minimo Costo

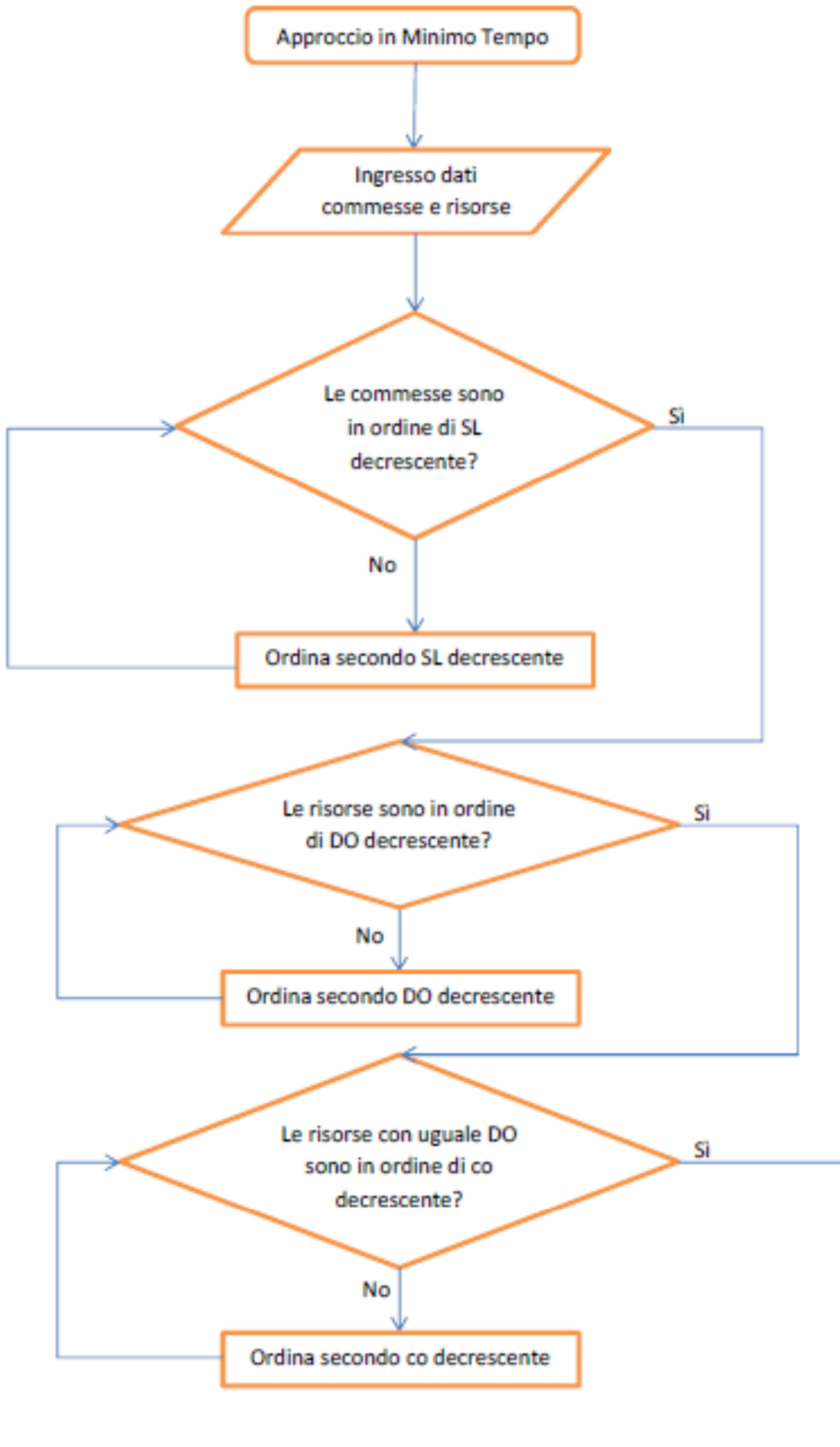
Questo metodo si pone di avere il costo minimo ignorando il rispetto dei tempi di consegna, l'applicazione è facile e un unico step:

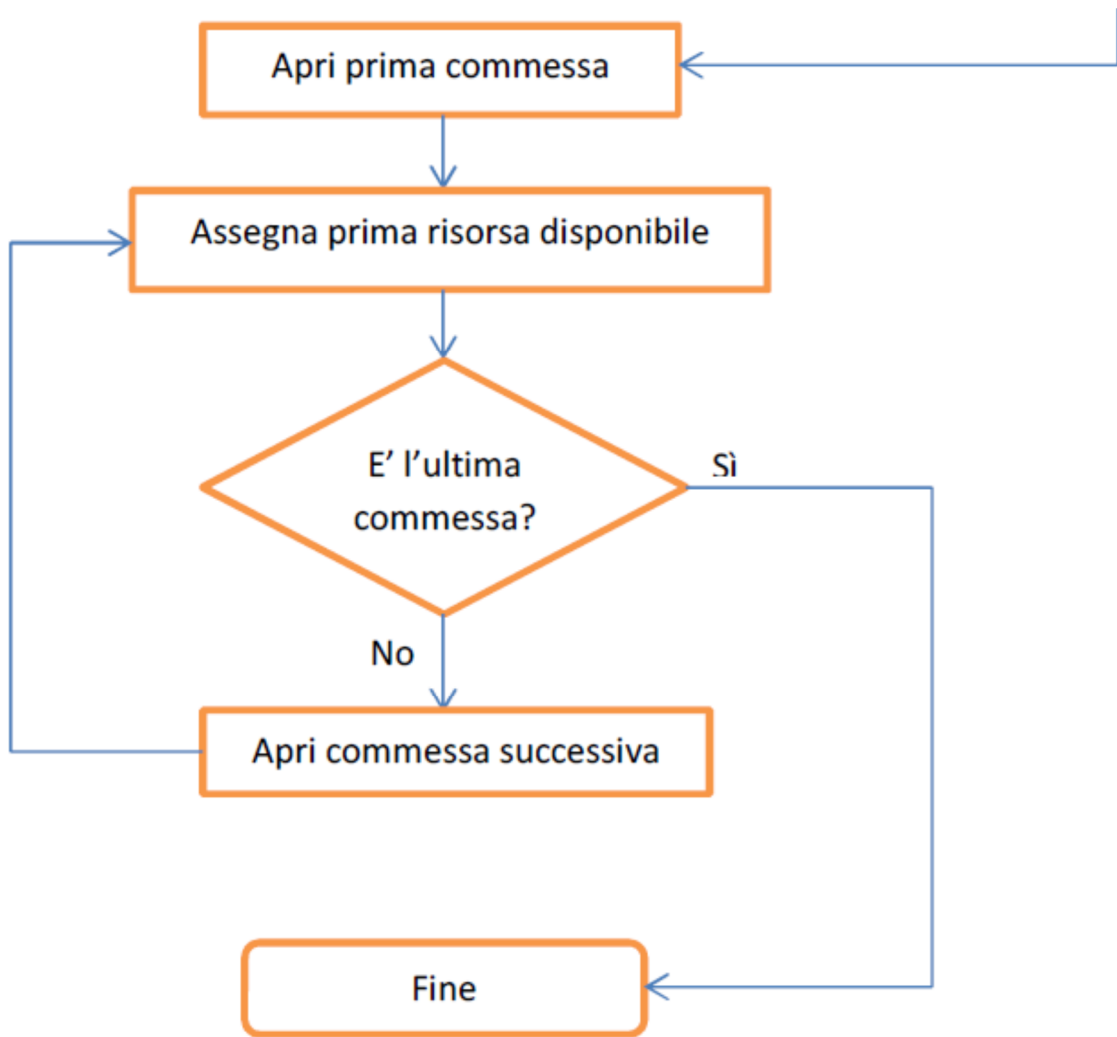
- assegno alla commessa con SL inferiore l'operatore con IPO maggiore; in caso di SL ed IPO uguali assegno quello con DO maggiore alla commessa con TC minore

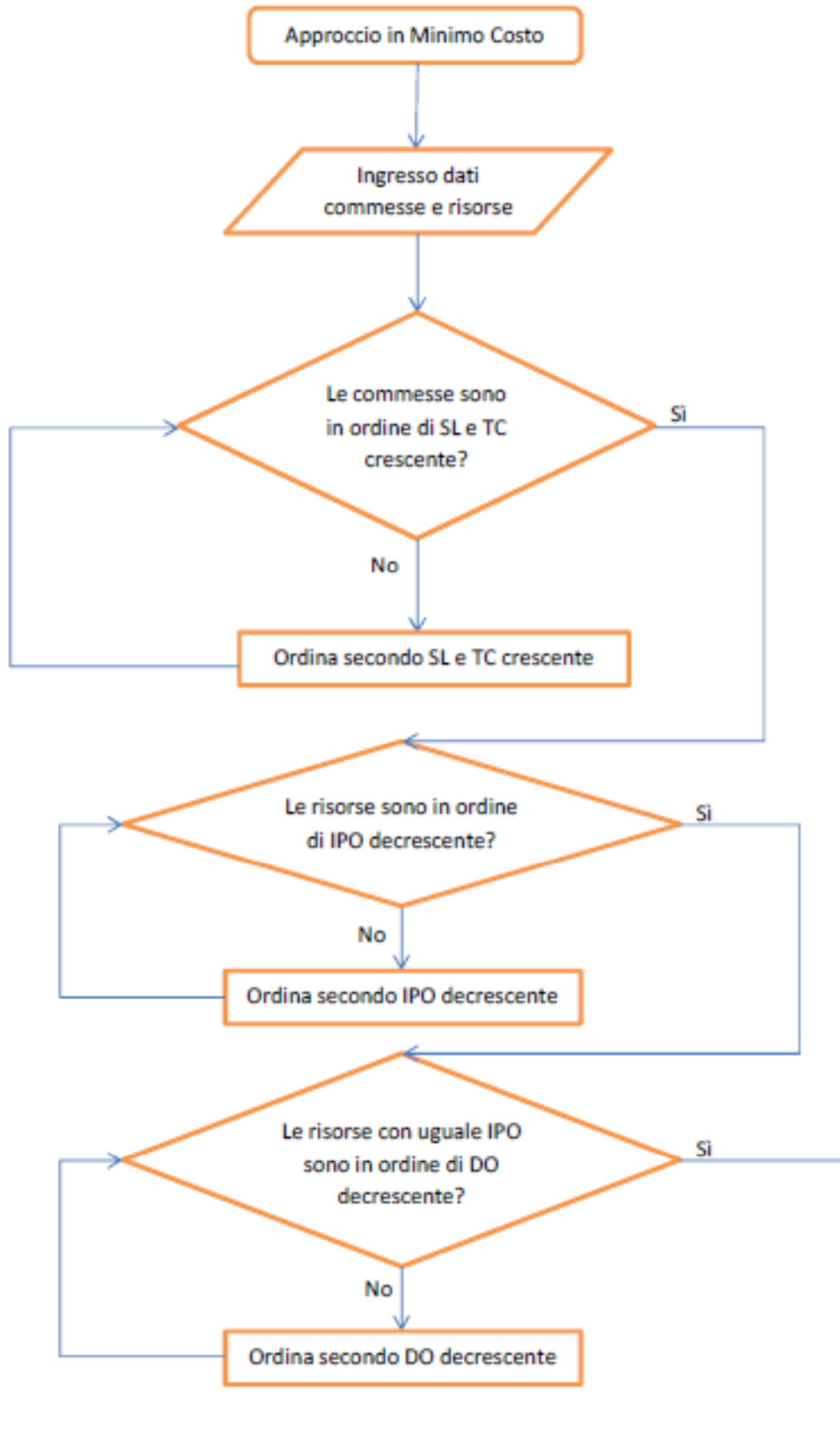
Non si ha alcuna sicurezza del rispetto dei tempi di consegna quindi questo metodo è molto sensibile ai costi di ritardo.

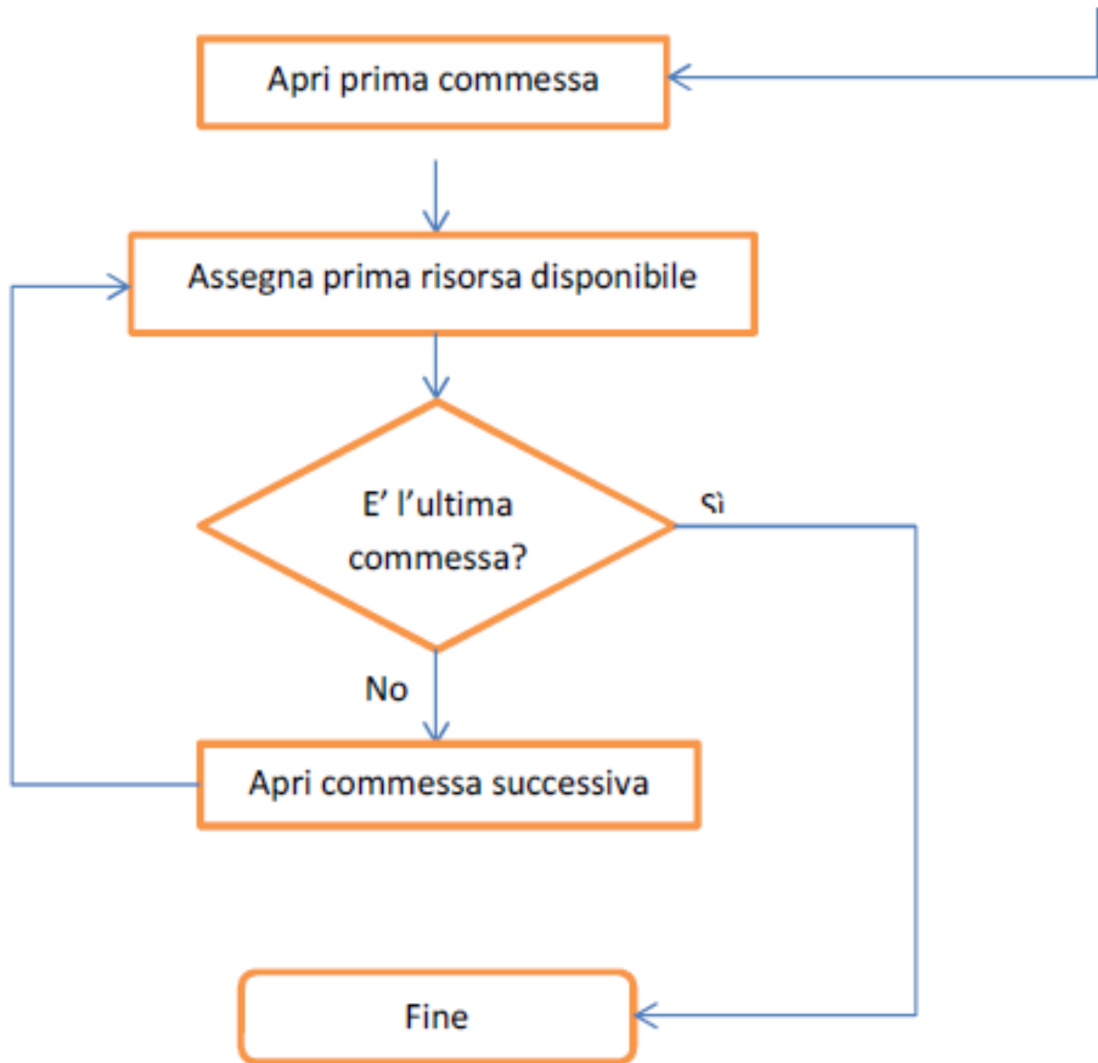
In realtà potrei analizzare altre tipologie di approcci che rientrerebbero però in un caso di approccio progressivo "parzializzato" ed a questa metodologia si fa riferimento nell'appendice dedicata.

I diagrammi di flusso seguenti sono dei metodi appena descritti, risultano molto meno complessi dei precedenti come ci si aspetta dato che non è più presente la fase di analisi delle risorse extra. Lo stesso processo di assegnazione è più semplice sapendo di poter chiudere una commessa una volta assegnata la prima risorsa.









Condizione $M > N$

Ci sarà l'obbligo di definire quali commesse mettere in "coda" in quanto non potranno essere realizzate tutte insieme. Una buona scelta potrebbe essere ordinarle in base ai tempi di consegna, tuttavia l'informazione non sarebbe completa. Risultati migliori si possono ottenere usando il rapporto SL/TC , ordinando le commesse dal valore più alto a quello più basso. Bisogna quindi decidere come affrontare le commesse, le possibilità sono sostanzialmente 3:

- approcci progressivi; non faccio alcuna separazione ed affronto una ad una le commesse (in questo caso è sufficiente ordinarle secondo TC)
- determinazione di blocchi di commesse in base ad N per l'utilizzo di approcci $M=N$
- determinazione di blocchi di commesse tale che $M < N$

Se si esclude l'approccio progressivo diventa di fondamentale importanza la scelta del numero di commesse in ogni blocco. In particolare bisogna tenere conto che mediamente i tempi di completamento delle commesse sono diversi tra loro, anche in modo significativo, e quindi gli operatori si "libereranno" in tempi diversi. Per evitare tempi morti in cui gli operatori aspettano il completamento di tutte le commesse si definiscono due approcci di transizione da un blocco all'altro. Questi sono molto semplici ed hanno una buona efficacia in rapporto alla semplicità di utilizzo in base alle caratteristiche delle commesse. Questi metodi rispettando la prima assegnazione degli operatori non generano nessun pericoloso tempo morto.

Approccio "Copia e Incolla"

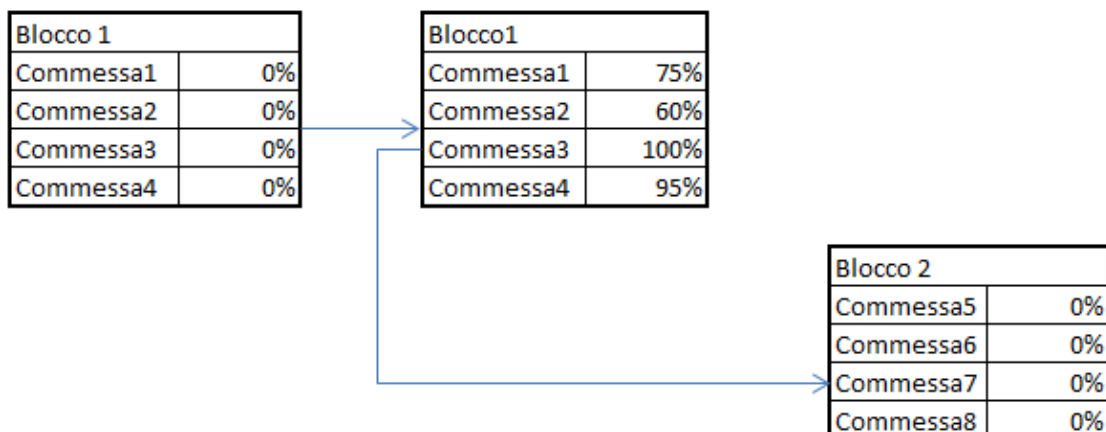
Avendo per ipotesi due blocchi dello stesso numero di commesse ordinati, dopo aver utilizzato uno degli approcci visti nei paragrafi precedenti per il primo blocco scelgo arbitrariamente di associare gli stessi operatori nello stesso ordine anche al blocco successivo. Ovvero, gli operatori che lavorano sulla prima commessa del primo blocco lavoreranno, una volta ultimata, sulla prima del successivo blocco. Ci si può già aspettare che questo metodo abbia una buona efficacia quando i blocchi sono molto simili tra loro.

Approccio "First to First"

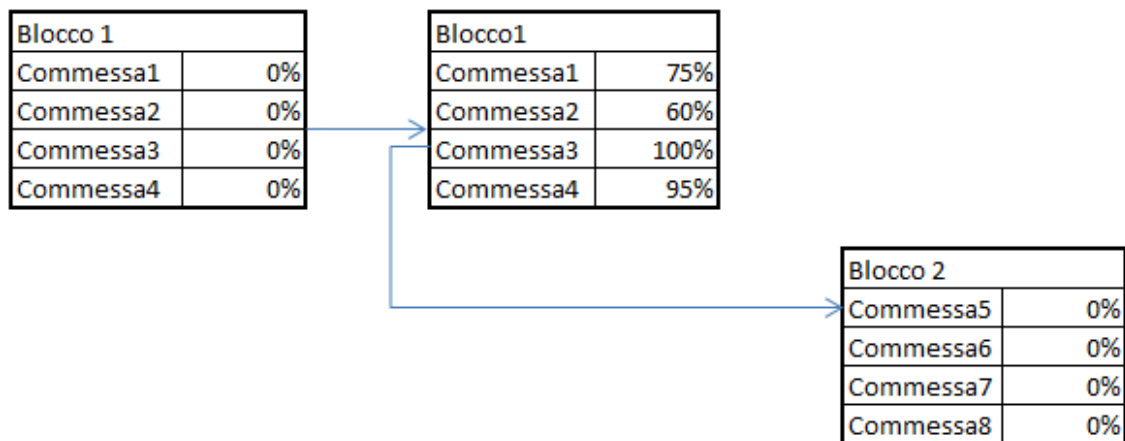
Questo metodo non segue alcuna logica vista in precedenza ma molto semplicemente dopo che il primo blocco sia stato assegnato con uno degli approcci visti nei paragrafi precedenti associa la prima commessa del secondo blocco al primo gruppo di operatori che finisce una commessa del primo blocco. La sua semplicità è il suo maggior pregio e difetto.

Segue una schematizzazione dei metodi (i valori percentuali si riferiscono al completamento della commessa):

Copia e Incolla



First to First



Prima di passare all'analisi dei casi studio bisogna fare delle considerazioni sui metodi e su cosa dobbiamo aspettarci. Gli approcci sono molto semplici e prevediamo un comportamento più che buono in un caso studio "regolare", ovvero con una distribuzione degli SL omogenea e mediamente costante. In un successivo test invece si presenteranno SL diversi tra loro e la media si discosterà da questi stessi valori. Saremo ovvero in una condizione molto critica e prevediamo che gli approcci fin qui descritti vadano pesantemente in crisi. Tuttavia si può già notare che questi metodi sono applicati in modo "cieco": si ignora totalmente quale sia l'approccio applicato nel primo blocco. Per renderli più efficaci senza perderne la semplicità di utilizzo sarà sufficiente riordinare all'interno del blocco le commesse non più secondo SL/TC ma secondo il criterio dell'approccio del primo blocco (generalmente tutti i metodi prevedono l'assegnazione attraverso SL). Gli approcci così creati saranno denominati rispettivamente "Copia e Incolla modificato" e "First to First modificato". In seconda analisi si è notato che la separazione in blocchi di un gruppo di commesse eterogenee può dar vita a diverse situazioni all'interno dei blocchi, quindi si è ideato un nuovo tipo di approccio.

Approccio Variabile

Ad ogni blocco si potrà scegliere quale approccio sia il migliore, in particolare la variabile considerata sarà lo scarto quadratico degli SL. Affrontare con metodi diversi i blocchi vuol dire migliorare notevolmente l'efficacia del metodo ottenendo un costo totale più basso. Attenzione però, il costo totale che si ricava è "apparente", ovvero non è quello reale (che risulta complesso da calcolare). Questo approccio genera pericolosi tempi morti che alzano cospicuamente il vero costo totale. La sua applicazione dovrebbe essere riservata solo a particolari condizioni di utilizzo degli operatori, ad esempio se l'operatore rimanesse fermo in attesa di cominciare una commessa sarebbe dirottato su altre mansioni non riguardanti il

gruppo di commesse stesso oppure sarebbe momentaneamente fermato senza costi. Solo in condizioni in cui il tempo morto dell'operatore non venga effettivamente pagato il costo totale apparente coincide con quello reale. Una delle ipotesi iniziali di questo studio poteva essere tradotta in questa condizione: un operatore non poteva affiancarsi ad un altro se la commessa era già stata cominciata. Se questa ipotesi non è verificata allora i tempi morti si riducono a zero però il costo totale reale è diverso da quello apparente anche se non ci si aspetta un grande scarto tra i valori. Tuttavia il difetto dei tempi morti può rivelarsi un vantaggio nel caso la cui difficile stima dei tempi di lavoro SL fosse in difetto: i tempi morti assorbirebbero i ritardi con ovvi benefici. Questo approccio deve essere utilizzato con molta attenzione preferendolo solo quando le condizioni consentono che il costo apparente sia prossimo a quello reale.

OTTIMIZZAZIONE DEI MODELLI EURISTICI

I metodi euristici sono solo approcci che seguono regole di priorità di assegnazione generalizzate e che portano ad una soluzione il più possibile vicina alla migliore. Come si è già descritto e come si vedrà il modello progressivo è spesso quello che impiega il minor tempo a completare le commesse però la sua applicabilità è scarsa portandoci a valutare delle alternative. Gli altri approcci sono più complessi e per questo possono essere incapaci di ottenere il risultato migliore, ovvero a termine del loro uso è possibile poter fare alcune variazioni che portino ad un'assegnazione leggermente più efficace. Con la possibilità di utilizzare strumenti informatici di programmazione si può integrare il modello euristico con uno step successivo di "ottimizzazione". Si considera questa metodologia "ibrida", ovvero si sfruttano le proprietà degli euristici di individuare una soluzione velocemente ed in modo pratico con un semplice processo di analisi delle possibili varianti. Questa strada può essere molto redditizia in un caso DTO e si vuole fare un esempio di applicazione dei concetti espressi. Una volta che un modello euristico giunge ad una soluzione migliore di tutte le altre proposte si può concentrarsi su di essa per ottenere una sua ottimizzazione. In prima analisi si fissano tutte le risorse assegnate alle commesse tranne l'ultima, considerandola mobile. Una possibile evoluzione di questo concetto è aumentare il numero di risorse mobili, non essendo nell'interesse di questa tesi sviluppare appieno programmi ci si concentra su questa prima idea. La commessa con costo critico, che può essere individuata a seconda di priorità dell'azienda (ad esempio il margine di profitto minore) o più semplicemente quella con costo maggiore, verrà analizzata sostituendo l'operatore mobile con quello delle altre. Le soluzioni saranno provate una alla volta alla ricerca di un costo totale più basso. E' importante che ciò

che si guadagna con una sostituzione su una commessa non vada perso con l'altra. Questo processo molto semplice può essere ripetuto fino a che non si giunge al risultato di non poter più migliorare il costo totale. In un obiettivo come il margine di profitto migliore per una particolare commessa nei confronti delle altre può per esempio rendere vantaggioso considerare più risorse mobili, tuttavia è importante non perdere il focus sul costo totale altrimenti si perde il vantaggio di avere utilizzato il metodo euristico in partenza.

CASI STUDIO PER L'APPLICAZIONE DEI METODI

Essendo in una fase preliminare di studio dei metodi si ritiene più vantaggioso "costruire" dei casi studio apposti per poter rilevare al meglio le caratteristiche dei metodi piuttosto che analizzare dei casi reali. Tutti gli esempi fanno comunque riferimento a possibili situazioni reali ed i valori delle variabili sono riscontrabili nell'atto pratico.

Condizione $M < N$

Caso Alfa

Descrizione: ricezione da parte di clienti diversi in tempi di poco diversi di commesse molto simili, buona programmazione dei tempi di consegna.

Caratterizzazione delle commesse:

Numero Commessa	SL	TC	crit
M1	40	2	50
M2	39	3	50
M3	41	4	50
M4	40	5	50
M5	42	6	50

Dei dati che risulteranno importanti per l'analisi finale sono la stima del lavoro media SL_m (40,4 h) e lo scarto quadratico (2,28 h).

Caratterizzazione degli operatori:

Numero Operatore	DO	co	IPO
N1	8	25	3,125
N2	8	25	3,125
N3	8	20	2,5
N4	8	20	2,5
N5	8	18	2,25
N6	8	18	2,25
N7	4	25	6,25
N8	4	25	6,25
N9	4	20	5
N10	4	20	5
N11	4	18	4,5
N12	4	18	4,5

Applicazione dell'approccio progressivo:

Approccio Progressivo		
ordine esecuzione di commesse		SUM (DO)
M1-M2-M3-M4-M5		72
Tempo esecuzione commesse		Verifica TC
TM1	0,555555556	v
TM2	1,097222222	v
TM3	1,666666667	v
TM4	2,222222222	v
TM5	2,805555556	v

Il costo totale risulterà essere di 707€.

Applicazione dell'approccio in equivalenza d'impiego:

si è calcolato un valore di $N_M=2,4$.

Commessa	Operatori	TM	Verifica TC	Ctot Comm.
M2	N7-N5-N3	1,95	v	122,85
M1	N8-N6-N4	2	v	126
M4	N9-N10	5	v	200
M3	N11-N1	3,416667	v	146,916667
M5	N12-N2	3,5	v	150,5

Il costo totale risulterà essere di 746,27€.

Applicazione dell'approccio in minimo impiego:

Commessa	Operatori	TM	Verifica TC	Ctot Comm.
M2	N7-N5-N6	1,95	v	118,95
M1	N8-N3-N4	2	v	130
M4	N9-N1	3,333333	v	150
M3	N10-N2	3,416667	v	153,75
M5	N11-N12	5,25	v	189

Il costo totale risulterà essere di 741,70€.

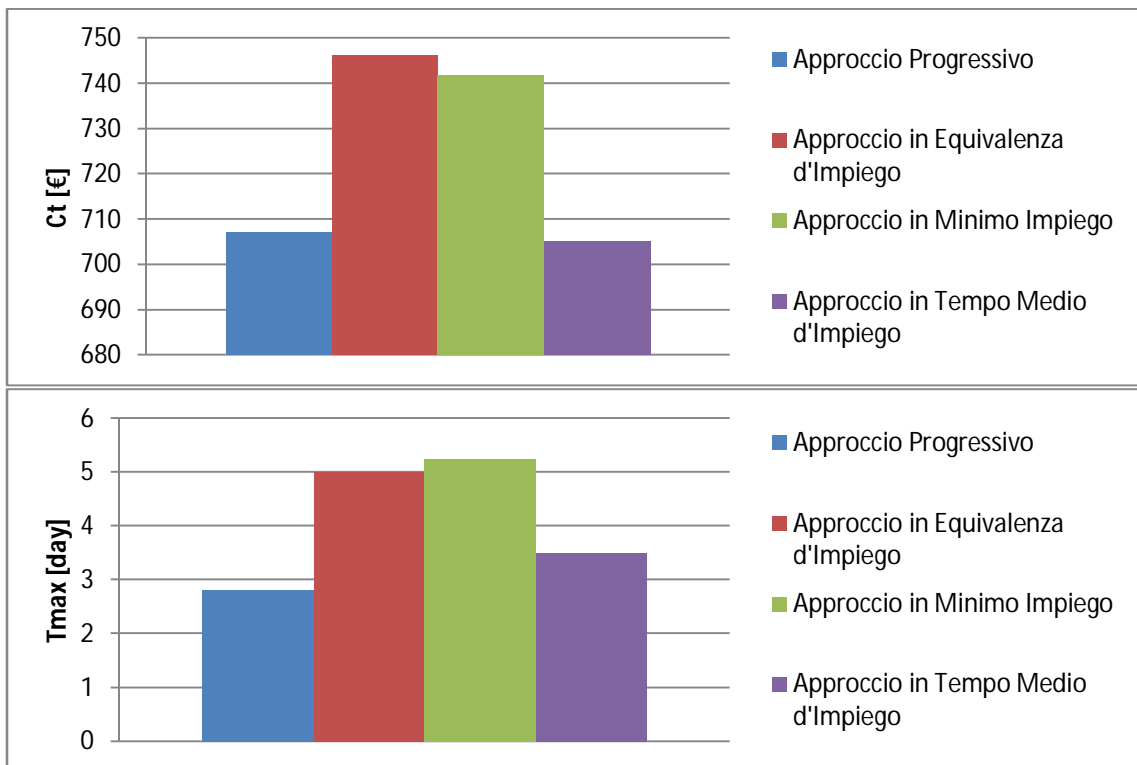
Applicazione dell'approccio in tempo medio d'impiego:

si è calcolato un valore di $TM_m=2,81$ day.

Commessa	Operatori	TM	Verifica TC	Ctot Comm.
M2	N7-N5-N12	2,4375	v	148,6875
M1	N8-N6-N2	2	v	136
M4	N9-N3	3,333333	v	133,333333
M3	N10-N4	3,416667	v	136,666667
M5	N11-N1	3,5	v	150,5

Il costo totale risulterà essere di 705,19€.

Si riportano dei grafici riassuntivi delle prestazioni rispettivamente del costo totale e del tempo massimo di completamento delle commesse.



Caso Beta

Descrizione: ricezione da parte di clienti diversi in tempi di poco diversi di commesse molto simili eccetto una, buona programmazione dei tempi di consegna.

Caratterizzazione delle commesse:

Numero Commessa	SL	TC	crit
M1	35	2	50
M2	34	3	50
M3	36	4	50
M4	35	5	50
M5	200	10	50

Dei dati che risulteranno importanti per l'analisi finale sono la stima del lavoro media SL_m (68 h) e lo scarto quadratico (147,6 h).

Caratterizzazione degli operatori:

si sono mantenuti gli stessi dati del caso precedente.

Applicazione dell'approccio progressivo:

ordine esecuzione di commesse		SUM (DO)
M1-M2-M3-M4-M5		72
Tempo esecuzione commesse		Verifica TC
TM1	0,486111111	v
TM2	0,958333333	v
TM3	1,458333333	v
TM4	1,944444444	v
TM5	4,722222222	v

Il costo totale risulterà essere di 1190€.

Applicazione dell'approccio in equivalenza d'impiego:

Il valore di N_M non è variato dal caso precedente.

Commessa	Operatori	TM	Verifica TC	Ctot Comm.
M2	N7-N1	2,833333	v	141,6667
M1	N8-N5-N3	1,75	v	110,25
M4	N9-N10	4,375	v	175
M3	N11-N2	3	v	129
M5	N12-N6-N4	10	v	560

Il costo totale risulterà essere di 1115,92€.

Applicazione dell'approccio in minimo impiego:

Commessa	Operatori	TM	Verifica TC	Ctot Comm.
M2	N7-N5	2,833333	v	121,8333
M1	N8-N6-N4	1,75	v	110,25
M4	N9-N3	2,916667	v	116,6667
M3	N10-N2	3	v	135
M5	N11-N12-N1	12,5	f	762,5

Il costo totale risulterà essere di 1246,25€ (con il costo del ritardo 1371,25€).

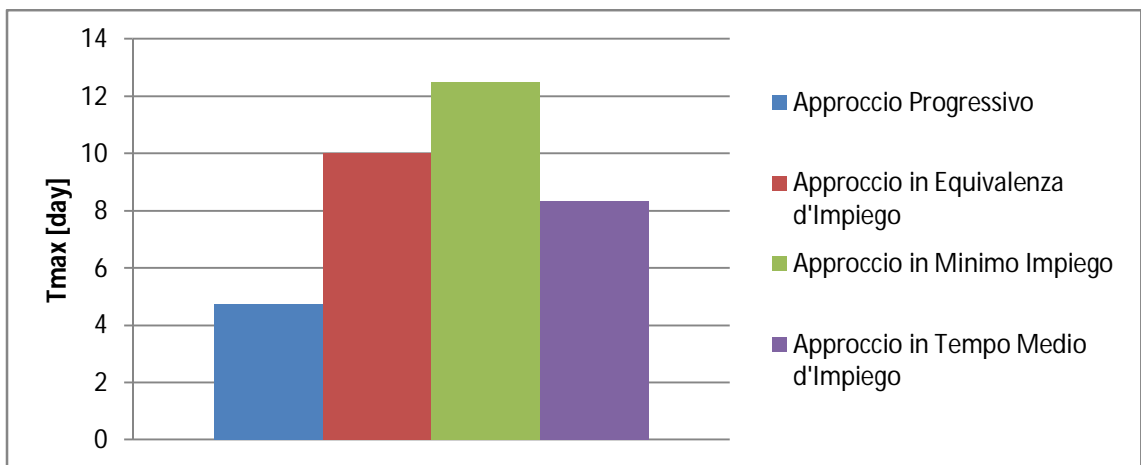
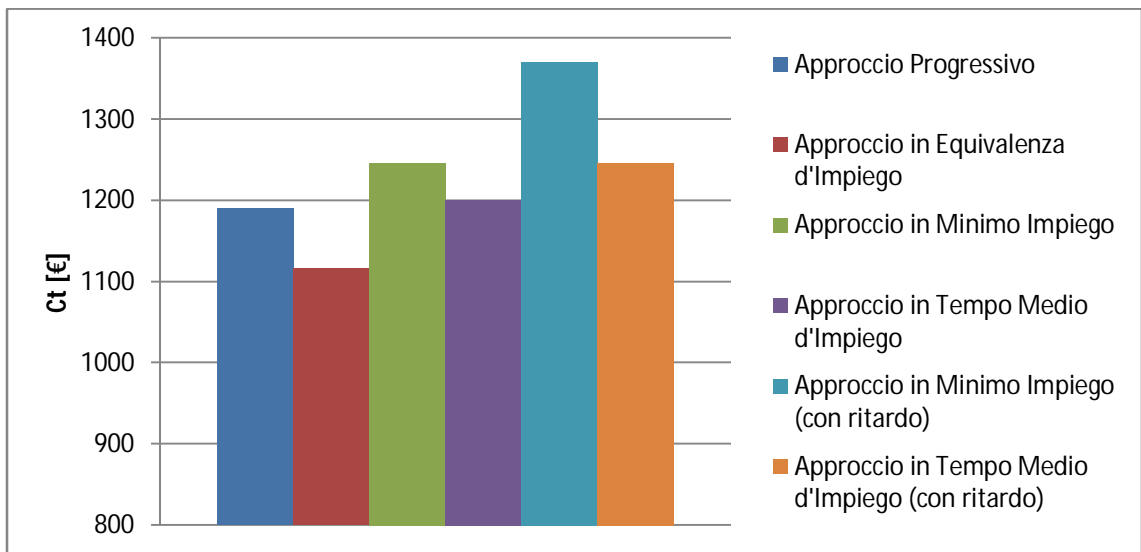
Applicazione dell'approccio in tempo medio d'impiego:

si è calcolato un valore di $TM_m=4,72$ day.

Commessa	Operatori	TM	Verifica TC	Ctot Comm.
M2	N7-N5	2,833333	v	121,8333
M1	N8-N6	2,916667	f	125,4167
M4	N9-N3	2,916667	v	116,6667
M3	N10-N4	3	v	120
M5	N11-N1-N2-N12	8,333333	v	716,6667

Il costo totale risulterà essere di 1200,58€ (con il costo del ritardo 1246,42€).

Si riportano dei grafici riassuntivi delle prestazioni rispettivamente del costo totale e del tempo massimo di completamento delle commesse.



Caso Gamma

Descrizione: ricezione da parte di clienti diversi in tempi di poco diversi di commesse diverse tra loro, buona programmazione dei tempi di consegna.

Caratterizzazione delle commesse:

Numero Commessa	SL	TC	crit
M1	22	2	50
M2	15	1	50
M3	45	4	50
M4	33	3	50
M5	52	5	50

Dei dati che risulteranno importanti per l'analisi finale sono la stima del lavoro media SL_m (33,4 h) e lo scarto quadratico (30,81 h).

Caratterizzazione degli operatori:

si sono mantenuti gli stessi dati del caso precedente.

Applicazione dell'approccio progressivo:

ordine esecuzione di commesse		SUM (DO)
M2-M1-M4-M3-M5		72
Tempo esecuzione commesse		Verifica TC
TM2	0,208333333	v
TM1	0,513888889	v
TM4	0,972222222	v
TM3	1,597222222	v
TM5	2,319444444	v

Il costo totale risulterà essere di 584,50€.

Applicazione dell'approccio in equivalenza d'impiego:

Il valore di N_M non è variato dal caso precedente.

Commessa	Operatori	TM	Verifica TC	Ctot Comm.
M2	N7-N5-N6	0,75	v	45,75
M1	N8-N1	1,833333	v	91,66667
M4	N9-N2	2,75	v	123,75
M3	N10-N3	3,75	v	150
M5	N11-N4-N12	3,25	v	182

Il costo totale risulterà essere di 593,17€.

Applicazione dell'approccio in minimo impiego:

Commessa	Operatori	TM	Verifica TC	Ctot Comm.
M2	N7-N5-N6	0,75	v	45,75
M1	N8-N4	1,833333	v	82,5
M4	N9-N3	2,75	v	110
M3	N10-N2	3,75	v	168,75
M5	N11-N1-N12	3,25	v	198,25

Il costo totale risulterà essere di 605,25€.

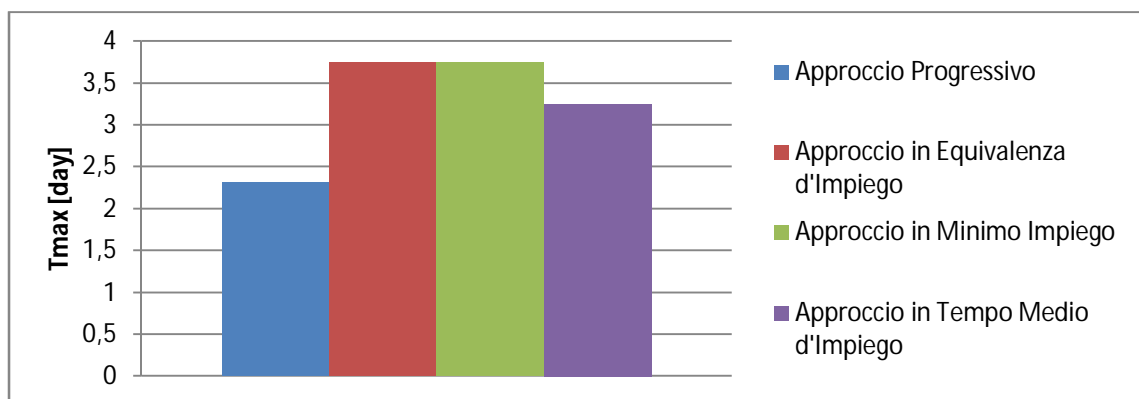
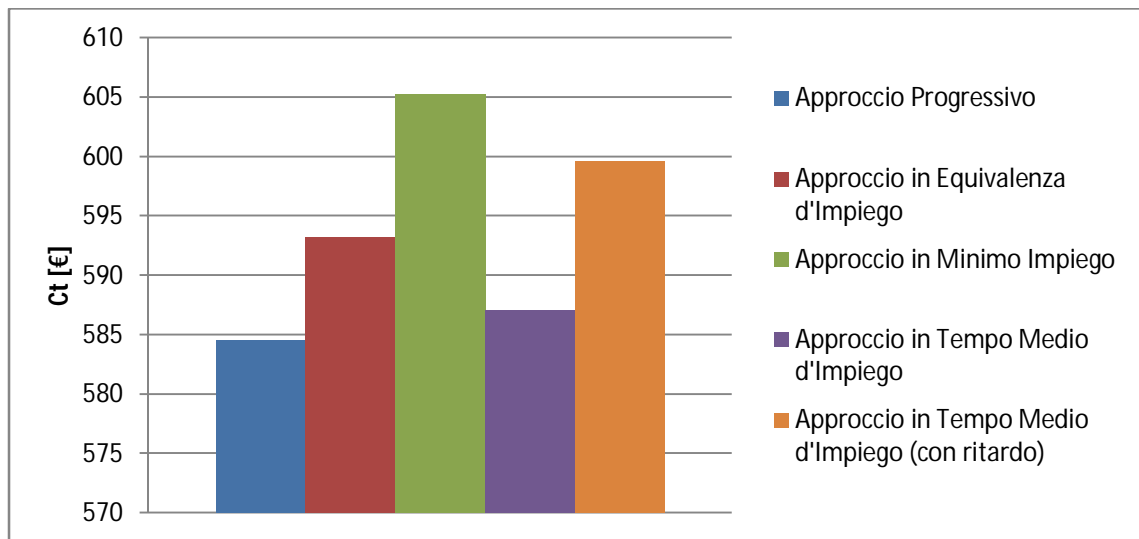
Applicazione dell'approccio in tempo medio d'impiego:

si è calcolato un valore di $TM_m=2,32$ day.

Commessa	Operatori	TM	Verifica TC	Ctot Comm.
M2	N7-N5	1,25	f	53,75
M1	N8-N6	1,833333	v	78,83333
M4	N9-N3	2,75	v	110
M3	N10-N4-N2	2,25	v	146,25
M5	N11-N1-N12	3,25	v	198,25

Il costo totale risulterà essere di 587,08€ (con il costo del ritardo 599,58€).

Si riportano dei grafici riassuntivi delle prestazioni rispettivamente del costo totale e del tempo massimo di completamento delle commesse.



Caso Epsilon

Descrizione: Ricezione da parte di clienti diversi in tempi di poco diversi di commesse molto diverse tra loro, buona programmazione dei tempi di consegna.

Caratterizzazione delle commesse:

Numero Commessa	SL	TC	crit
M1	12	3	50
M2	10	2	50
M3	180	9	50
M4	25	4	50
M5	210	10	50

Dei dati che risulteranno importanti per l'analisi finale sono la stima del lavoro media SL_m (87,4 h) e lo scarto quadratico (197,9 h).

Caratterizzazione degli operatori:

si sono mantenuti gli stessi dati del caso precedente.

Applicazione dell'approccio progressivo:

ordine esecuzione di commesse		SUM (DO)
M2-M1-M4-M3-M5		72
Tempo esecuzione commesse		Verifica TC
TM2	0,138888889	v
TM1	0,305555556	v
TM4	0,652777778	v
TM3	3,152777778	v
TM5	6,069444444	v

Il costo totale risulterà essere di 1529,50€.

Applicazione dell'approccio in equivalenza d'impiego:

Il valore di N_M non è variato dal caso precedente.

Commessa	Operatori	TM	Verifica TC	Ctot Comm.
M2	N7-N8	1,25	v	62,5
M1	N9-N10	1,5	v	60
M4	N11-N12	3,125	v	112,5
M3	N1-N5-N3	7,5	v	472,5
M5	N2-N6-N4	8,75	v	551,25

Il costo totale risulterà essere di 1258,75€.

Applicazione dell'approccio in minimo impiego:

Commessa	Operatori	TM	Verifica TC	Ctot Comm.
M2	N7-N5	0,833333	v	35,83333
M1	N8	3	v	75
M4	N9-N6	2,083333	v	79,16667
M3	N10-N3-N4	9	v	540
M5	N11-N12-N1-N2	8,75	v	752,5

Il costo totale risulterà essere di 1482,50€.

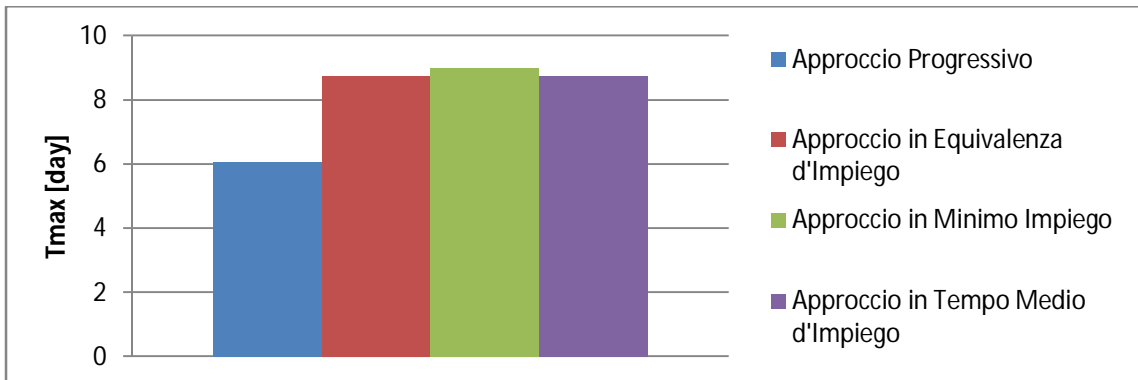
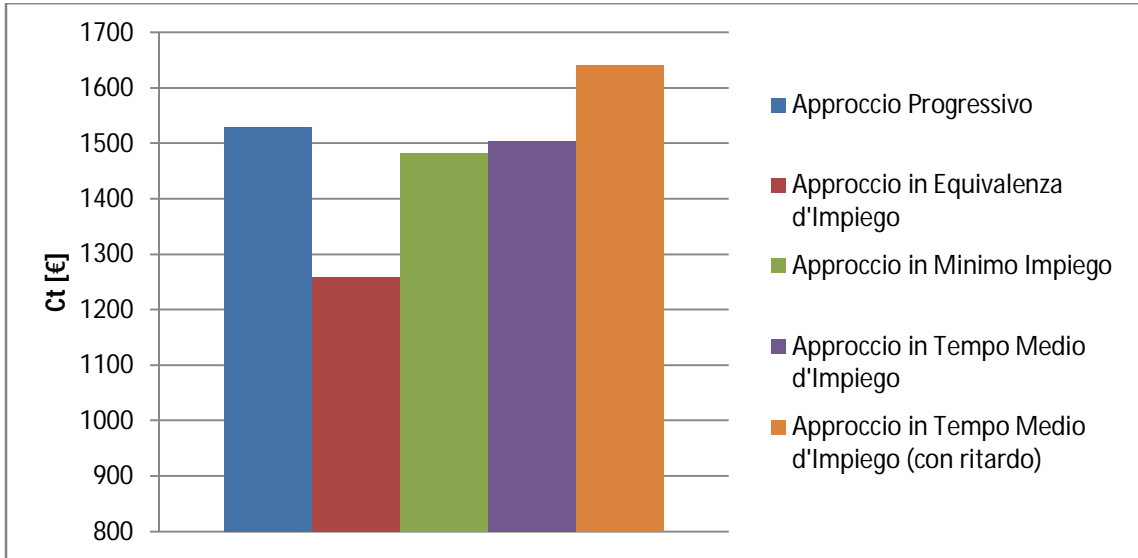
Applicazione dell'approccio in tempo medio d'impiego:

si è calcolato un valore di $TM_m=6,07$ day.

Commessa	Operatori	TM	Verifica TC	Ctot Comm.
M2	N7	2,5	f	62,5
M1	N8	3	v	75
M4	N9	6,25	f	125
M3	N10-N5-N6-N3	6,428571	v	488,5714
M5	N11-N12-N1-N2	8,75	v	752,5

Il costo totale risulterà essere di 1503,57€ (con il costo del ritardo 1641,07€).

Si riportano dei grafici riassuntivi delle prestazioni rispettivamente del costo totale e del tempo massimo di completamento delle commesse.



Condizione M=N

Caso alfa

Descrizione: ricezione da parte di clienti diversi in tempi di poco diversi di commesse molto simili, buona programmazione dei tempi di consegna.

Caratterizzazione delle commesse:

Numero Commessa	SL	TC	crit
M1	40	5	50
M2	39	5	50
M3	41	6	50
M4	40	10	50
M5	42	11	50

Dei dati che risulteranno importanti per l'analisi finale sono la stima del lavoro media SL_m (40,4 h) e lo scarto quadratico (2,28 h).

Caratterizzazione degli operatori:

Numero Operatore	DO	co	IPO
N1	8	25	3,125
N2	8	20	2,5
N3	8	18	2,25
N4	4	25	6,25
N5	4	18	4,5

Applicazione dell'approccio progressivo:

ordine esecuzione di commesse		SUM (DO)
M1-M2-M3-M4-M5		32
Tempo esecuzione commesse		Verifica TC
TM1	1,25	v
TM2	2,46875	v
TM3	3,75	v
TM4	5	v
TM5	6,3125	v

Il costo totale risulterà essere di 669,13€.

Applicazione dell'approccio in minimo tempo:

Commessa	Operatori	TM	Verifica TC	C comm
M2	N1	4,875	v	121,875
M1	N2	5	v	100
M4	N4	10	v	250
M3	N3	5,125	v	92,25
M5	N5	10,5	v	189

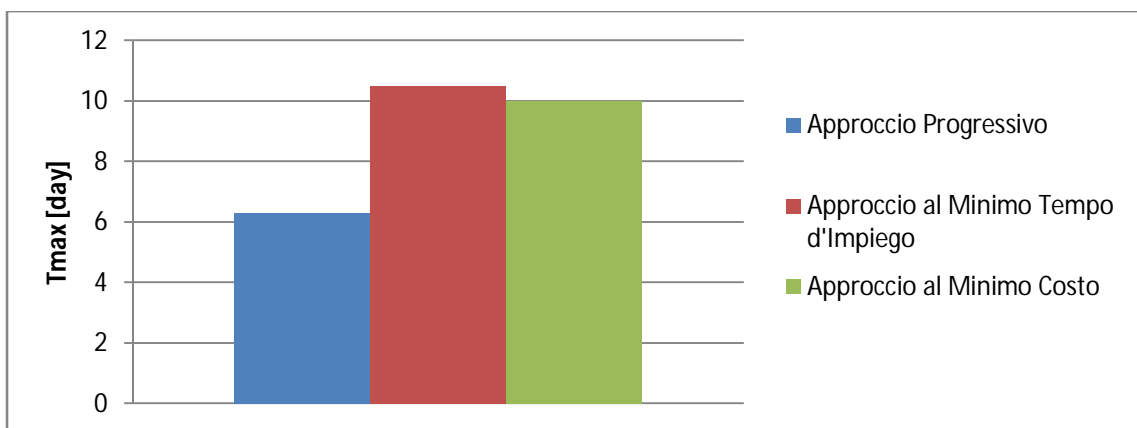
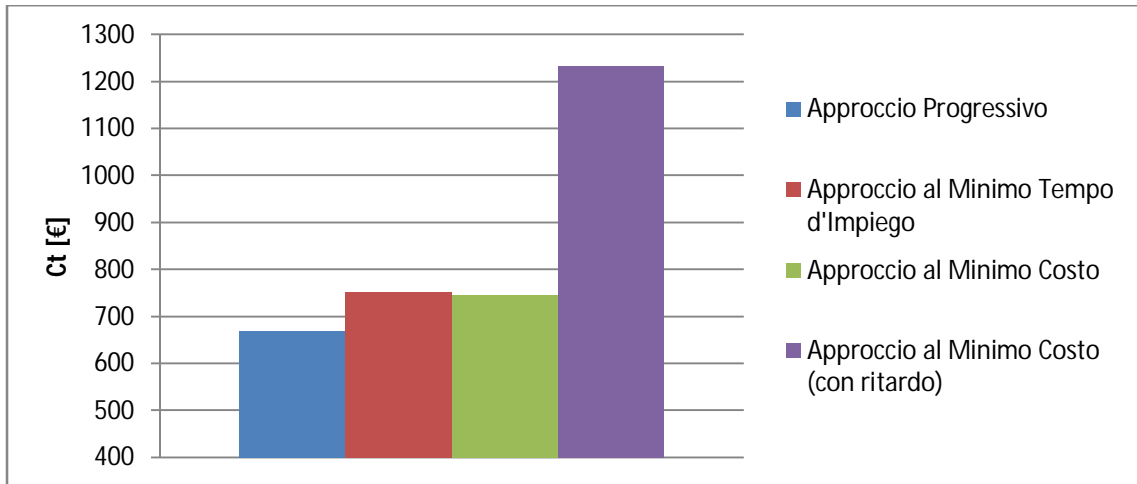
Il costo totale risulterà essere di 753,13€.

Applicazione dell'approccio in minimo costo:

Commessa	Operatori	TM	Verifica TC	C comm
M2	N4	9,75	f	243,75
M1	N5	10	f	180
M4	N1	5	v	125
M3	N2	5,125	v	102,5
M5	N3	5,25	v	94,5

Il costo totale risulterà essere di 745,75€ (con ritardo 1233,25€).

Si riportano dei grafici riassuntivi delle prestazioni rispettivamente del costo totale e del tempo massimo di completamento delle commesse.



Caso Beta

Descrizione: ricezione da parte di clienti diversi in tempi di poco diversi di commesse molto simili eccetto una, buona programmazione dei tempi di consegna.

Caratterizzazione delle commesse:

Numero Commessa	SL	TC	crit
M1	35	5	50
M2	34	5	50
M3	36	9	50
M4	35	10	50
M5	200	25	50

Dei dati che risulteranno importanti per l'analisi finale sono la stima del lavoro medio SL_m (68 h) e lo scarto quadratico (147,6 h).

Caratterizzazione degli operatori:

si sono utilizzati gli stessi operatori del caso precedente.

Applicazione dell'approccio progressivo:

ordine esecuzione di commesse		SUM (DO)
M1-M2-M3-M4-M5		32
Tempo esecuzione commesse		Verifica TC
TM1	1,09375	v
TM2	1,0625	
TM3	1,125	v
TM4	1,09375	v
TM5	6,25	v

Il costo totale risulterà essere di 662,50€.

Applicazione dell'approccio in minimo tempo:

Commessa	Operatore	TM	Verifica TC	C comm
M1	N2	4,375	v	87,5
M2	N1	4,25	v	106,25
M3	N5	9	v	162
M4	N4	8,75	v	218,75
M5	N3	25	v	450

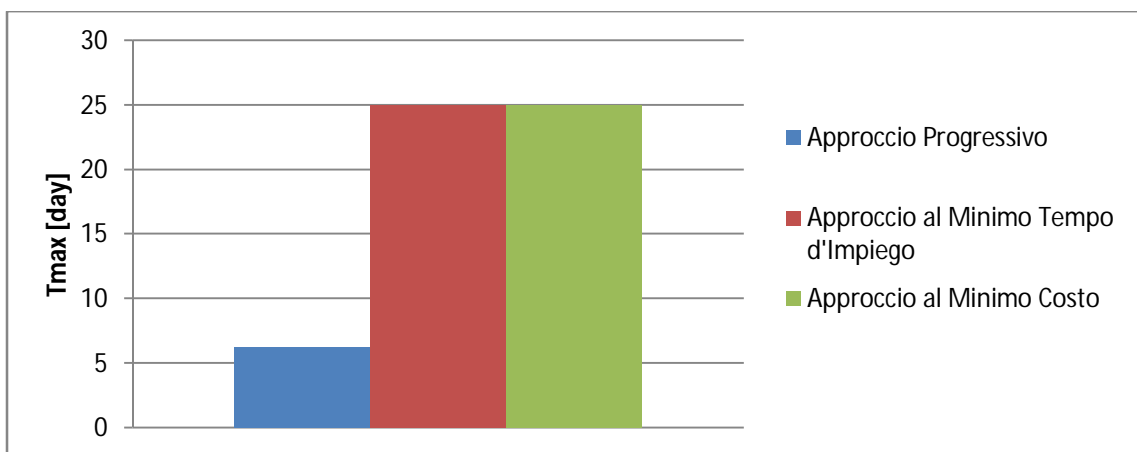
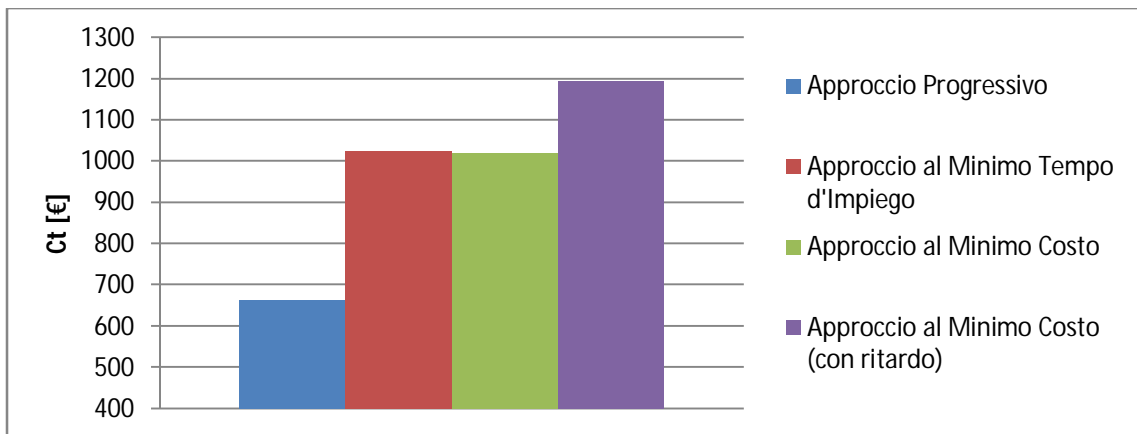
Il costo totale risulterà essere di 1024,50€.

Applicazione dell'approccio in minimo tempo:

Commessa	Operatore	TM	Verifica TC	C comm
M1	N1	4,375	v	109,375
M2	N4	8,5	f	212,5
M3	N2	4,5	v	90
M4	N5	8,75	v	157,5
M5	N3	25	v	450

Il costo totale risulterà essere di 1019,37€ (con ritardo 1194,37€).

Si riportano dei grafici riassuntivi delle prestazioni rispettivamente del costo totale e del tempo massimo di completamento delle commesse.



Caso Gamma

Descrizione: ricezione da parte di clienti diversi in tempi di poco diversi di commesse molto diverse tra loro, buona programmazione dei tempi di consegna.

Caratterizzazione delle commesse:

Numero Commessa	SL	TC	cr
M1	22	4	50
M2	15	4	50
M3	45	6	50
M4	33	9	50
M5	52	10	50

Dei dati che risulteranno importanti per l'analisi finale sono la stima del lavoro media SL_m (33,4 h) e lo scarto quadratico (30,8 h).

Caratterizzazione degli operatori:

si sono utilizzati gli stessi operatori del caso precedente.

Applicazione dell'approccio progressivo:

ordine esecuzione di commesse		SUM (DO)
M1-M2-M3-M4-M5		32
Tempo esecuzione commesse		Verifica TC
TM1	0,6875	v
TM2	1,15625	v
TM3	2,5625	v
TM4	3,59375	v
TM5	5,21875	v

Il costo totale risulterà essere di 553,19€.

Applicazione dell'approccio in minimo tempo:

Commessa	Operatore	TM	Verifica TC	C comm
M1	N1	2,75	v	68,75
M2	N4	3,75	v	93,75
M3	N2	5,625	v	112,5
M4	N5	8,25	v	148,5
M5	N3	6,5	v	117

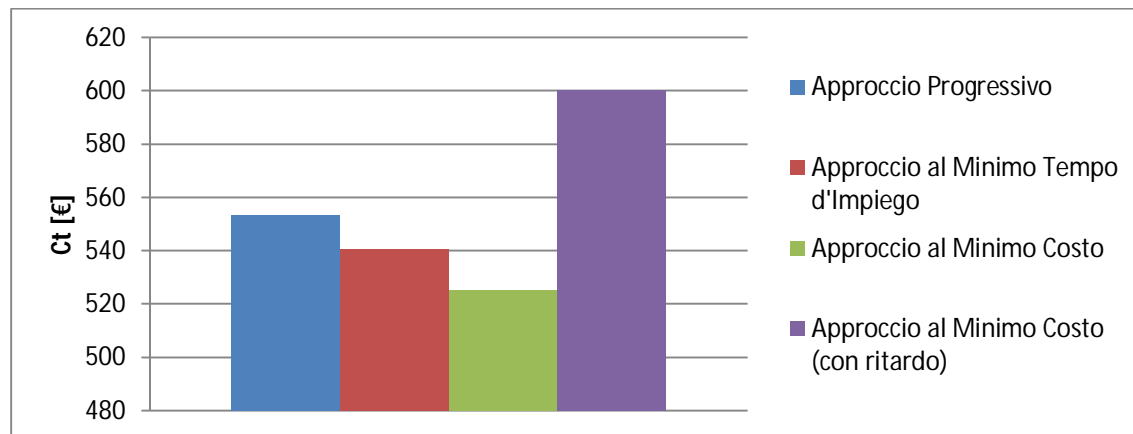
Il costo totale risulterà essere di 540,50€.

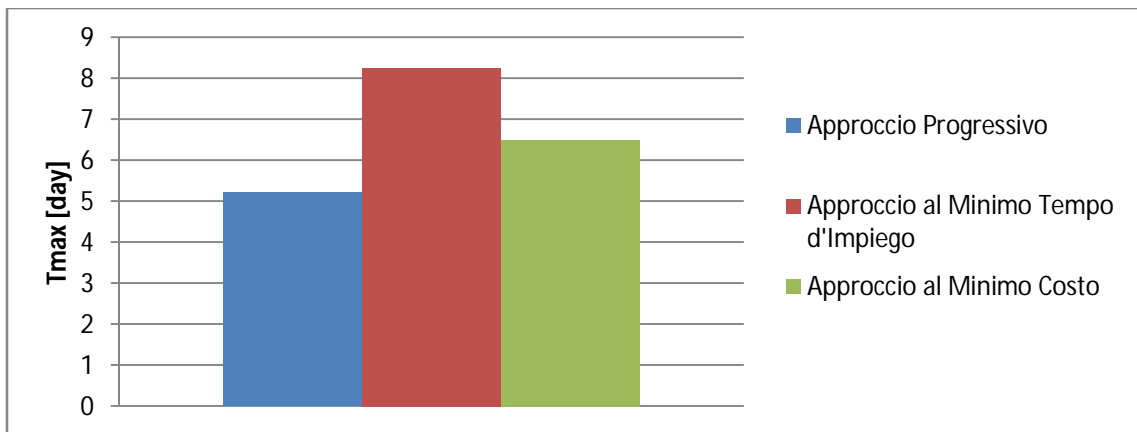
Applicazione dell'approccio in minimo costo:

Commessa	Operatore	TM	Verifica TC	C comm
M1	N5	5,5	f	99
M2	N4	3,75	v	93,75
M3	N2	5,625	v	112,5
M4	N1	4,125	v	103,125
M5	N3	6,5	v	117

Il costo totale risulterà essere di 525,37€ (con ritardo 600,37€).

Si riportano dei grafici riassuntivi delle prestazioni rispettivamente del costo totale e del tempo massimo di completamento delle commesse.





Condizione $M > N$

Caso Alfa

Caratterizzazione commesse:

Numero Commessa	SL	TC	TC/SL
M1	40	2	0,05
M2	39	3	0,076923
M3	41	4	0,097561
M4	41	6	0,146341
M5	40	7	0,175
M6	42	8	0,190476
M7	39	9	0,230769
M8	38	11	0,289474
M9	40	12	0,3
M10	40	13	0,325
M11	39	14	0,358974
M12	41	15	0,365854
M13	41	17	0,414634
M14	40	18	0,45
M15	42	19	0,452381
M16	39	21	0,538462
M17	38	22	0,578947
M18	40	23	0,575
M19	40	24	0,6
M20	39	25	0,641026
M21	41	27	0,658537
M22	41	28	0,682927
M23	40	29	0,725
M24	42	31	0,738095
M25	39	32	0,820513
M26	38	33	0,868421
M27	40	34	0,85

M28	40	36	0,9
M29	39	37	0,948718
M30	41	38	0,926829

Le commesse hanno un valore di SL_m pari a 40h ed un scarto quadratico di 6,16h.

Caratterizzazione Operatori:

Numero Operatore	DO	co	IPO
N1	8	25	3,125
N2	8	20	2,5
N3	8	18	2,25
N4	4	25	6,25
N5	4	18	4,5
N6	8	25	3,125
N7	8	20	2,5
N8	8	18	2,25
N9	4	25	6,25
N10	4	18	4,5

Dall'applicazione dell'approccio progressivo ordinando le commesse per tempo di consegna è conseguito un costo totale di 3975€. In questo metodo il rapporto N/M è pari a 0,333.

In seguito si è passati ad un rapporto N/M=1, ovvero N=M. Si sono creati 3 blocchi di 10 commesse ciascuno ordinate secondo SL/TC. In seguito è stato applicato l'approccio al minimo costo. Dopo averlo applicato al primo blocco per i successivi si sono usati entrambi i metodi copia e incolla e first to first. I risultati ottenuti sono un costo totale di 4469,75€ per il primo e di 4442,12€ per il secondo.

Successivamente si è passati ad un rapporto N/M=2, ovvero N<M. Si sono creati 6 blocchi di 5 commesse ciascuno ordinati secondo SL/TC. In seguito è stato applicato l'approccio al tempo medio d'impiego, essendo il più prestazionale in condizioni di basso scarto quadratico. Dopo averlo applicato al primo blocco per i successivi si sono usati entrambi i metodi copia e incolla e first to first. I risultati ottenuti sono un costo totale di 3989,58€ per il primo e di 3987,83€ per il secondo.

In seguito si è passati ad un rapporto N/M=3,333. Si sono creati 10 blocchi di 3 commesse ciascuno ordinati secondo SL/TC. In seguito è stato applicato l'approccio al tempo medio d'impiego, essendo il più prestazionale in condizioni di basso scarto quadratico. Dopo averlo applicato al primo blocco per i successivi si sono usati entrambi i metodi copia e incolla e first to first. I risultati ottenuti sono un costo totale di 3954,87€ per il primo e di 3954,07€ per il secondo.

Caso Beta

Caratterizzazione delle commesse:

Numero Commessa	SL	TC	TC/SL
M1	10	2	0,2
M2	95	6	0,063158
M3	22	5	0,227273
M4	115	15	0,130435
M5	85	20	0,235294
M6	8	18	2,25
M7	25	19	0,76
M8	100	23	0,23
M9	12	21	1,75
M10	80	24	0,3
M11	125	27	0,216
M12	25	23	0,92
M13	85	28	0,329412
M14	8	25	3,125
M15	25	27	1,08
M16	100	30	0,3
M17	10	29	2,9
M18	95	30	0,315789
M19	22	29	1,318182
M20	115	32	0,278261
M21	12	30	2,5
M22	80	33	0,4125
M23	125	35	0,28
M24	85	36	0,423529
M25	8	35	4,375
M26	25	36	1,44
M27	100	38	0,38
M28	10	37	3,7
M29	95	39	0,410526
M30	22	37	1,681818

Le commesse hanno un valore di SL_m pari a 57,47h ed un scarto quadratico di 234,33h.

Caratterizzazione Operatori:

Sono gli stessi del caso precedente.

Dall'applicazione dell'approccio progressivo ordinando le commesse per tempo di consegna ne è conseguito un costo totale di 5710,75€. In questo metodo il rapporto N/M è pari a 0,333.

In seguito si è passati ad un rapporto N/M=1, ovvero N=M. Si sono creati 3 blocchi di 10 commesse ciascuno ordinate secondo SL/TC. In seguito è stato applicato l'approccio al minimo costo. Dopo averlo applicato al primo blocco per i successivi si sono usati entrambi i metodi

copia e incolla e first to first. I risultati ottenuti sono un costo totale di 6269,75€ per il primo e di 5919,75€ per il secondo. In seguito si sono applicati gli approcci modificati. I risultati ottenuti sono un costo totale di 5371,12€ per il primo e di 5581,75€ per il secondo.

Successivamente si è passati ad un rapporto $N/M=2$, ovvero $N<M$. Si sono creati 6 blocchi di 5 commesse ciascuno ordinati secondo SL/TC. In seguito è stato applicato l'approccio al tempo medio d'impiego, essendo il più prestazionale in condizioni di basso scarto quadratico. Dopo averlo applicato al primo blocco per i successivi si sono usati entrambi i metodi copia e incolla e first to first. I risultati ottenuti sono un costo totale di 6302,50€ per il primo e di 5990,50€ per il secondo. In seguito si sono applicati gli approcci modificati. I risultati ottenuti sono un costo totale di 5712,87€ per il primo e di 6200,62€ per il secondo. In ultima analisi si è applicato l'approccio variabile supponendo che ci siano le condizioni per cui il costo totale apparente sia uguale a quello reale ottenendo un risultato di 5564,19€.

In seguito si è passati ad un rapporto $N/M=3,333$. Si sono creati 10 blocchi di 3 commesse ciascuno ordinati secondo SL/TC. In seguito è stato applicato l'approccio al tempo medio d'impiego, essendo il più prestazionale in condizioni di basso scarto quadratico. Dopo averlo applicato al primo blocco per i successivi si sono usati entrambi i metodi copia e incolla e first to first. I risultati ottenuti sono un costo totale di 6354,52€ per il primo e di 6432,47€ per il secondo. In seguito si sono applicati gli approcci modificati. I risultati ottenuti sono un costo totale di 5871,25€ per il primo e di 6272,75€ per il secondo. In ultima analisi si è applicato l'approccio variabile supponendo che ci siano le condizioni per cui il costo totale apparente sia uguale a quello reale ottenendo un risultato di 5802,72€.

COMMENTO AI RISULTATI DEI CASI STUDIO

Segue un breve commento sui risultati dei casi studio con obiettivo la valutazione degli approcci sviluppati e la determinazione di una regola di applicazione degli stessi.

Condizione $M<N$

Si riuniscono i risultati ottenuti dei 4 casi affrontati cercando di ottenere uno schema per definire quali siano le condizioni migliori per applicare un approccio.

Approccio Progressivo

caso	sc q	ctot	ctot+rit	temp
alfa	2,28	707	707	2,8
gamma	30,8	584,5	584,5	2,32
beta	147,6	1190	1190	4,72
epsilon	197,9	1529,5	1529,5	6,07

Approccio in Equivalenza d'Impiego

caso	sc q	ctot	ctot+rit	temp
alfa	2,28	746	746	5
gamma	30,8	593	593	3,75
beta	147,6	1116	1190	10
epsilon	197,9	1259	1259	8,75

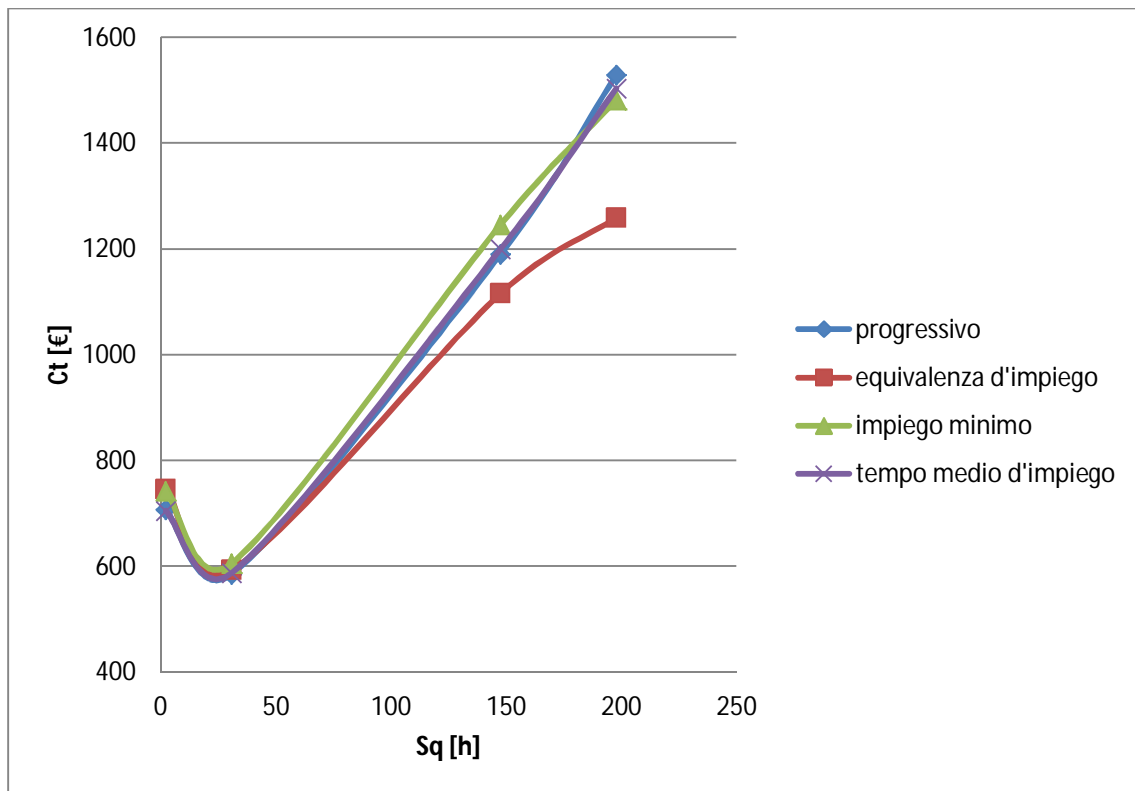
Approccio in Minimo Impiego

caso	sc q	ctot	ctot+rit	temp
alfa	2,28	742	742	5,25
gamma	30,8	605	605	3,75
beta	147,6	1246	1371	12,5
epsilon	197,9	1482,5	1482,5	9

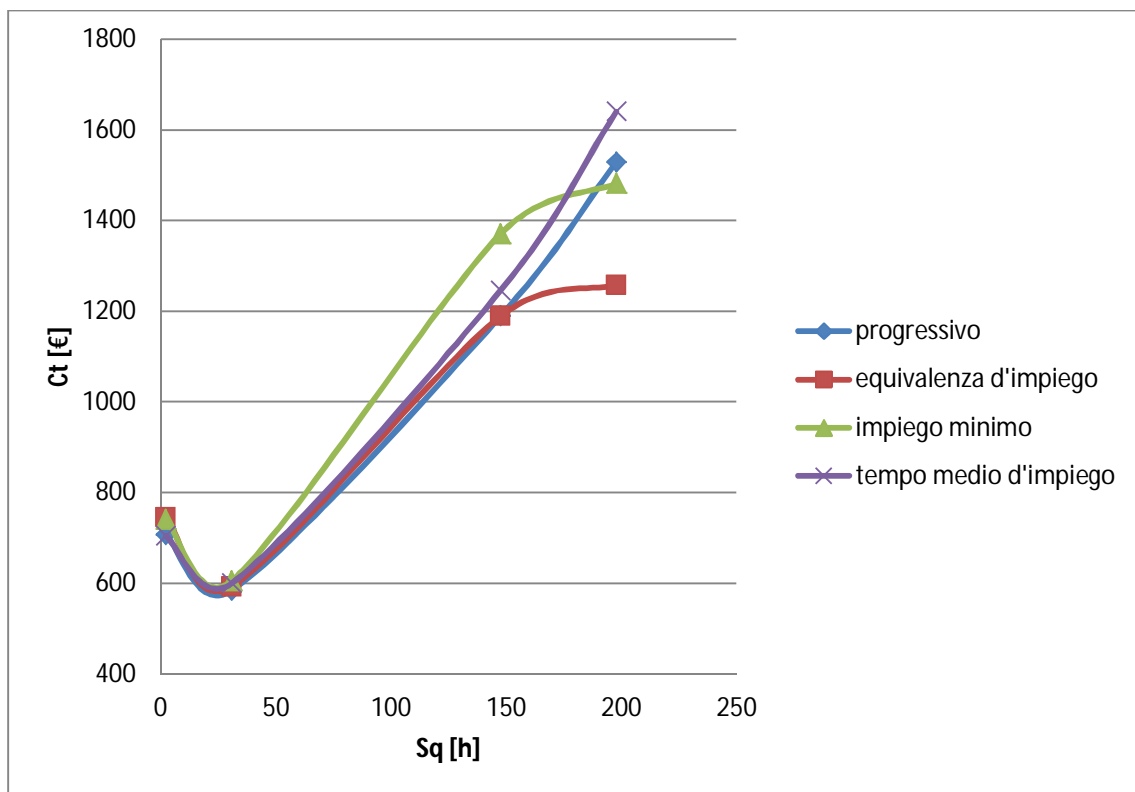
Approccio in Tempo Medio d'Impiego

caso	sc q	ctot	ctot+rit	temp
alfa	2,28	705	705	3,5
gamma	30,8	587	600	3,25
beta	147,6	1200	1246	8,33
epsilon	197,9	1504	1641	8,75

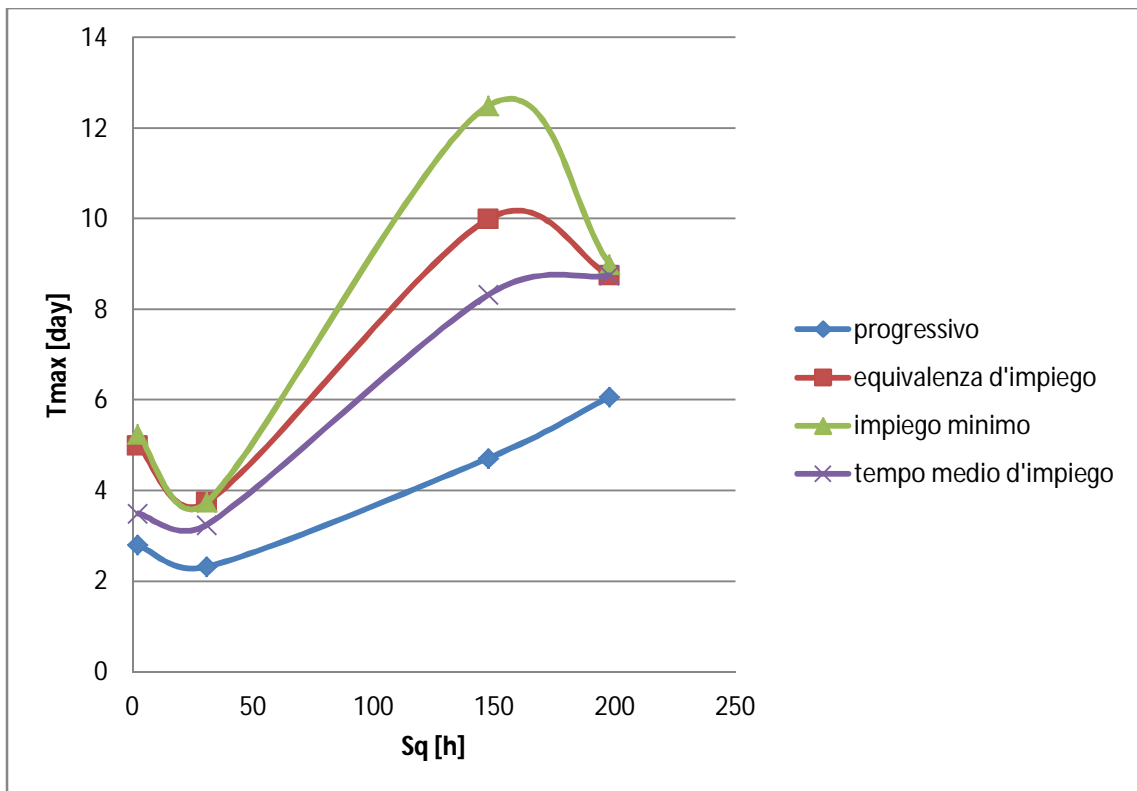
Si riporta il grafico del costo totale in funzione dello scarto quadratico delle commesse:



Si riporta il grafico del costo totale con ritardo in funzione dello scarto quadratico delle commesse:



Si riporta il grafico del tempo massimo di completamento di commessa in funzione dello scarto quadratico delle commesse:



Questi grafici danno già un'idea piuttosto chiara tuttavia sono eccessivamente influenzati dalla differenza dell' SL_m tra i vari casi, quindi si è deciso di eliminare questa dipendenza riportando tutti i dati ad uno SL_m di riferimento.

Approccio Progressivo

caso	sc q	ctot	ctot+rit	temp
alfa	2,28	584,5	584,5	2,314851
gamma	30,8	584,5	584,5	2,32
beta	147,6	584,5	584,5	2,318353
epsilon	197,9	584,5	584,5	2,319657

Approccio in Equivalenza d'Impiego

caso	sc q	ctot	ctot+rit	temp
alfa	2,28	616,7426	616,7426	4,133663
gamma	30,8	593	593	3,75
beta	147,6	548,1529	584,5	4,911765
epsilon	197,9	481,1281	481,13	3,343822

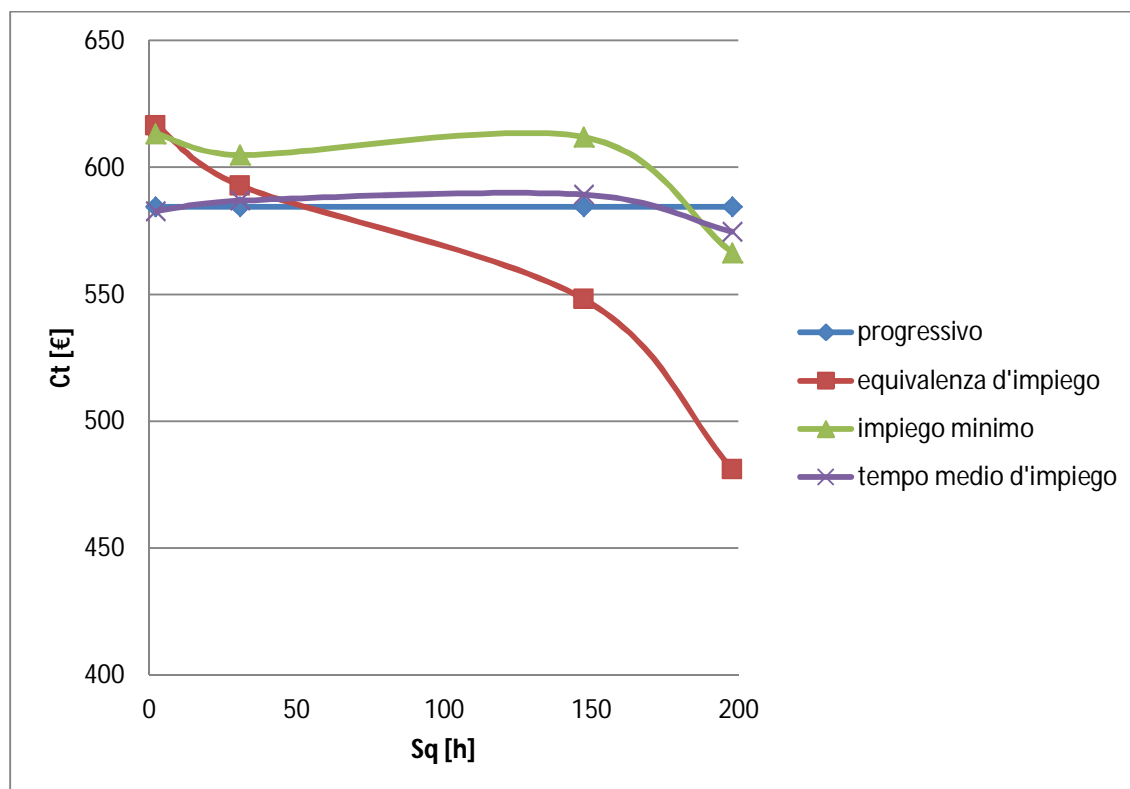
Approccio in Minimo Impiego

caso	sc q	ctot	ctot+rit	temp
alfa	2,28	613,4356	613,4356	4,340347
gamma	30,8	605	605	3,75
beta	147,6	612,0059	673,4029	6,139706
epsilon	197,9	566,5389	566,5	3,439359

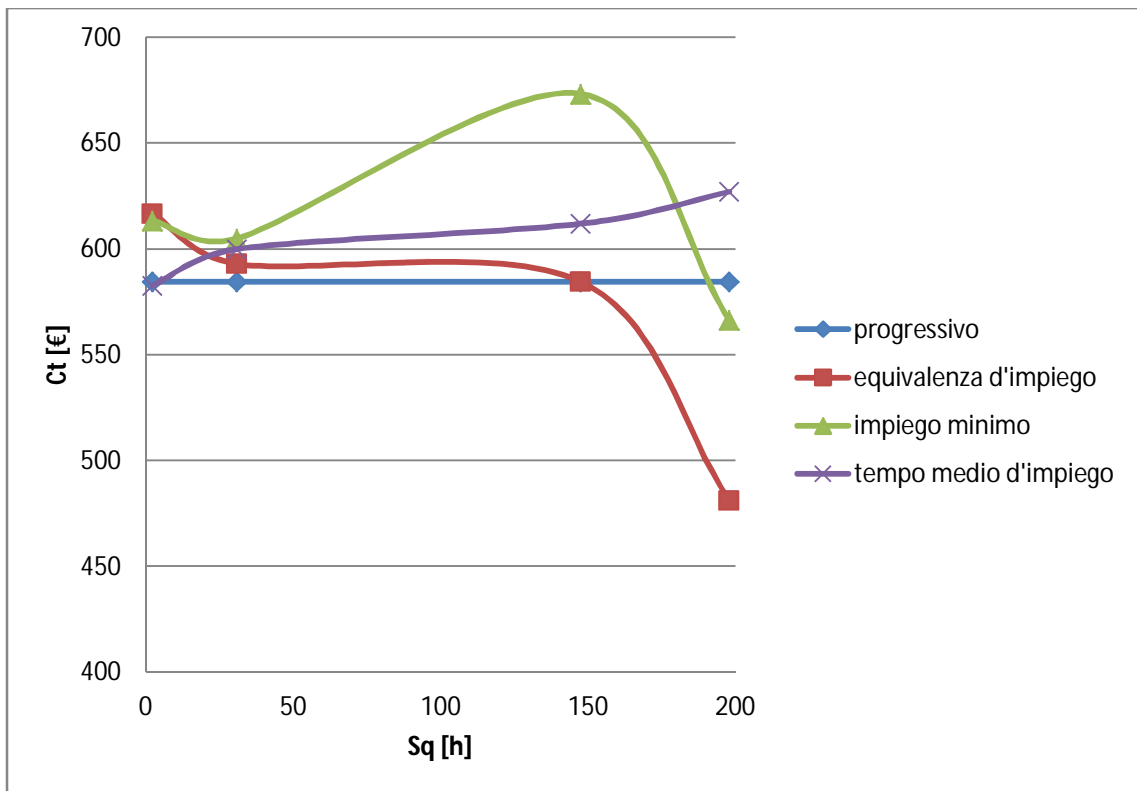
Approccio in Tempo Medio d'Impiego

caso	sc q	ctot	ctot+rit	temp
alfa	2,28	582,8465	582,8465	2,893564
gamma	30,8	587	600	3,25
beta	147,6	589,4118	612,0059	4,0915
epsilon	197,9	574,7551	627,1098	3,343822

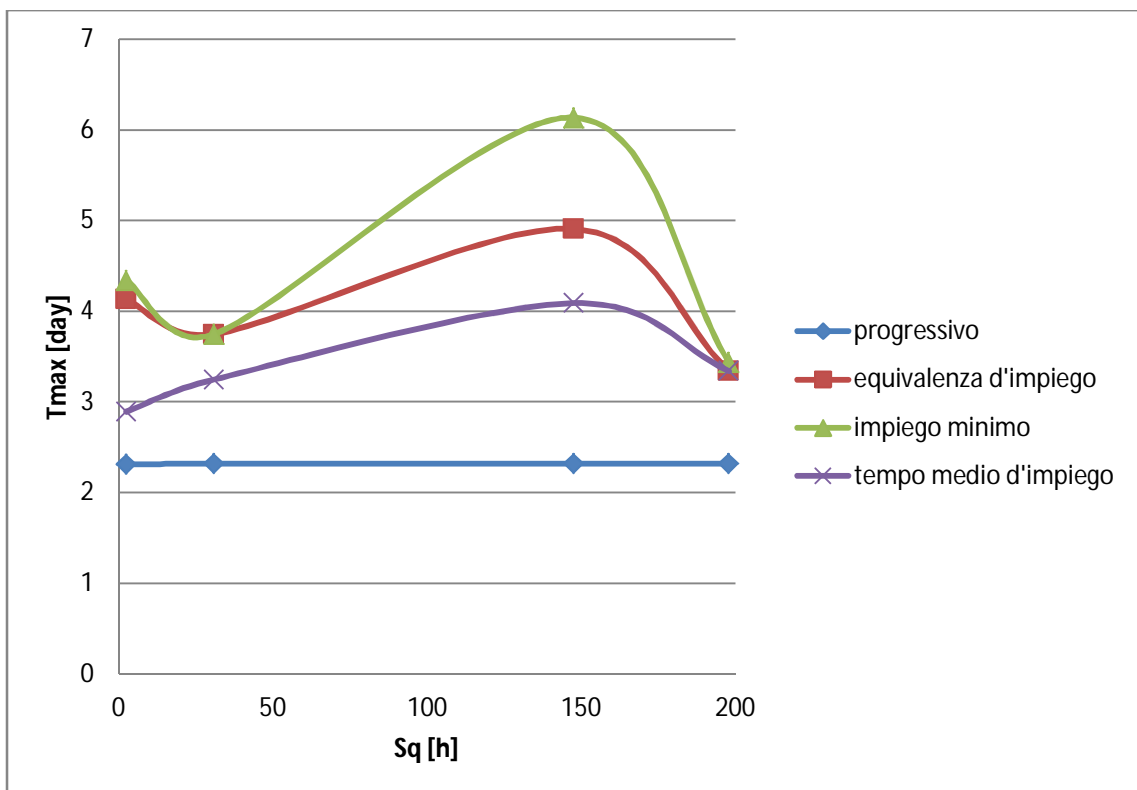
Si riporta il grafico del costo totale in funzione dello scarto quadratico delle commesse:



Si riporta il grafico del costo totale con ritardo in funzione dello scarto quadratico delle commesse:



Si riporta il grafico del tempo massimo di completamento di commessa in funzione dello scarto quadratico delle commesse:



Senza considerare i costi di ritardo si nota come nei casi analizzati l'approccio in tempo medio d'impiego tenda a non discostarsi di molto dall'approccio progressivo, evidenziando

un'“equivalenza” tra i due metodi (migliorando però ad alti scarti quadratici di SL). Per bassi valori di scarto quadratico di SL risultano essere gli approcci migliori. Per alti valori di scarto quadratico di SL gli altri due metodi tendono a migliorare, in particolare l'equivalenza d'impiego che grazie alla sua rigidità evita eccessivi sprechi di operatori.

Tenendo conto dei costi di ritardo che dipendono molto da cr di ogni singola commessa bisogna fare due tipi di considerazioni: se questi sono mediamente piccoli c'è ancora margine per i metodi non progressivi di essere vantaggiosi altrimenti grazie al tempo minimo di realizzazione delle commesse ed al suo maggiore carattere cautelativo l'approccio progressivo è mediamente il migliore. La tendenza dei metodi non cambia di molto e dipende fortemente dai tempi di consegna e da cr, quindi quando questi valori diventano “importanti” bisogna considerare attentamente quale approccio seguire non potendo prevedere con esattezza il peso del ritardo.

Osservando i tempi massimi di realizzazione delle commesse si denota come il metodo progressivo sia nettamente il migliore essendo il più veloce in assoluto, l'approccio in tempo medio d'impiego data la somiglianza notata analizzando i costi è anche quello che più si avvicina con i tempi. Il metodo del minimo impiego, come ci si aspettava, è quello potenzialmente più lento (è molto legato ai tempi di consegna concessi). I tempi massimi sono comunque generalmente dipendenti dai tempi di consegna quindi è più difficile fare delle considerazioni generali come quelle fatte analizzando i costi.

Condizione M=N

Si riuniscono i risultati ottenuti dei 3 casi affrontati cercando di ottenere uno schema per definire quali sono le condizioni migliori per applicare un approccio. Come visto affrontando la casistica precedente si è provveduto ad eliminare la dipendenza dal SL_m .

Approccio progressivo:

caso	sc q	ctot	ctot+rit	temp
alfa	2,28	553,0842	553	5,216683
gamma	30,8	553	553	5,22
beta	147,6	325,1588	325	3,069853

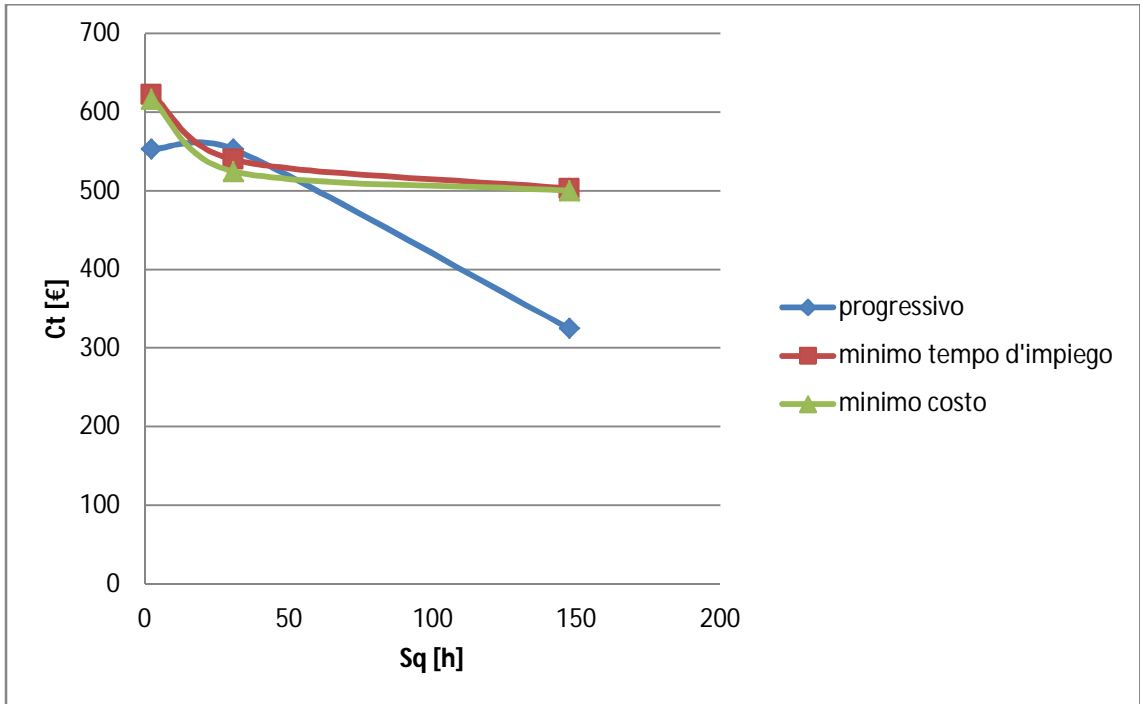
Approccio al minimo tempo:

caso	sc q	ctot	ctot+rit	temp
alfa	2,28	622,5297	622,5	8,680693
gamma	30,8	540	540	8,25
beta	147,6	502,9647	503	12,27941

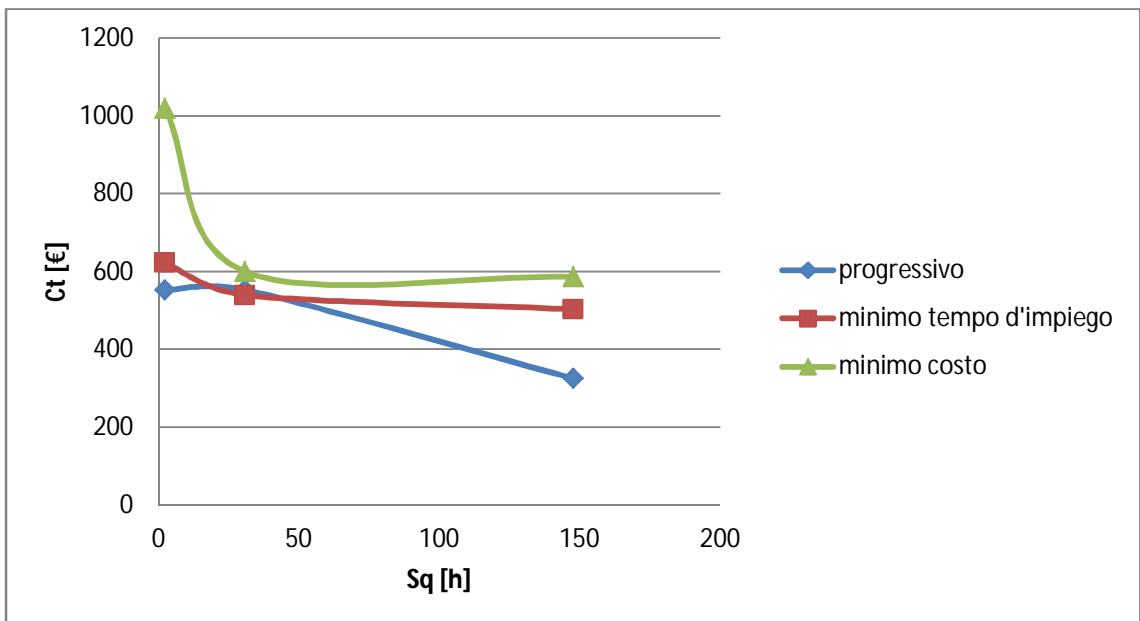
Approccio al minimo costo:

caso	sc q	ctot	ctot+rit	temp
alfa	2,28	616,7426	1019,361	8,267327
gamma	30,8	525	600	6,5
beta	147,6	500,5088	586,4647	12,27941

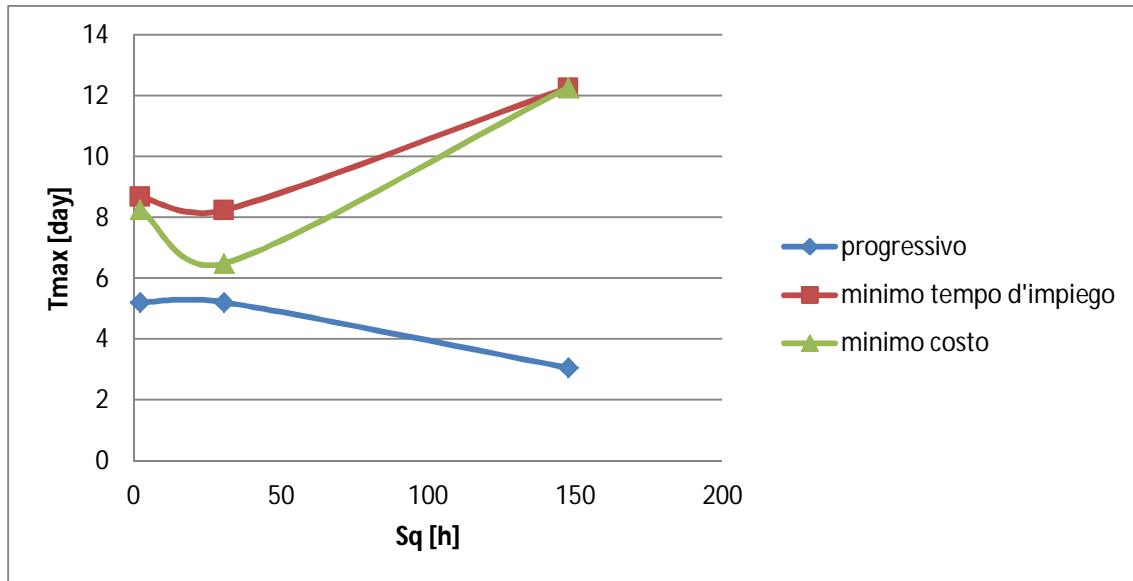
Si riporta il grafico del costo totale in funzione dello scarto quadratico delle commesse:



Si riporta il grafico del costo totale con ritardo in funzione dello scarto quadratico delle commesse:



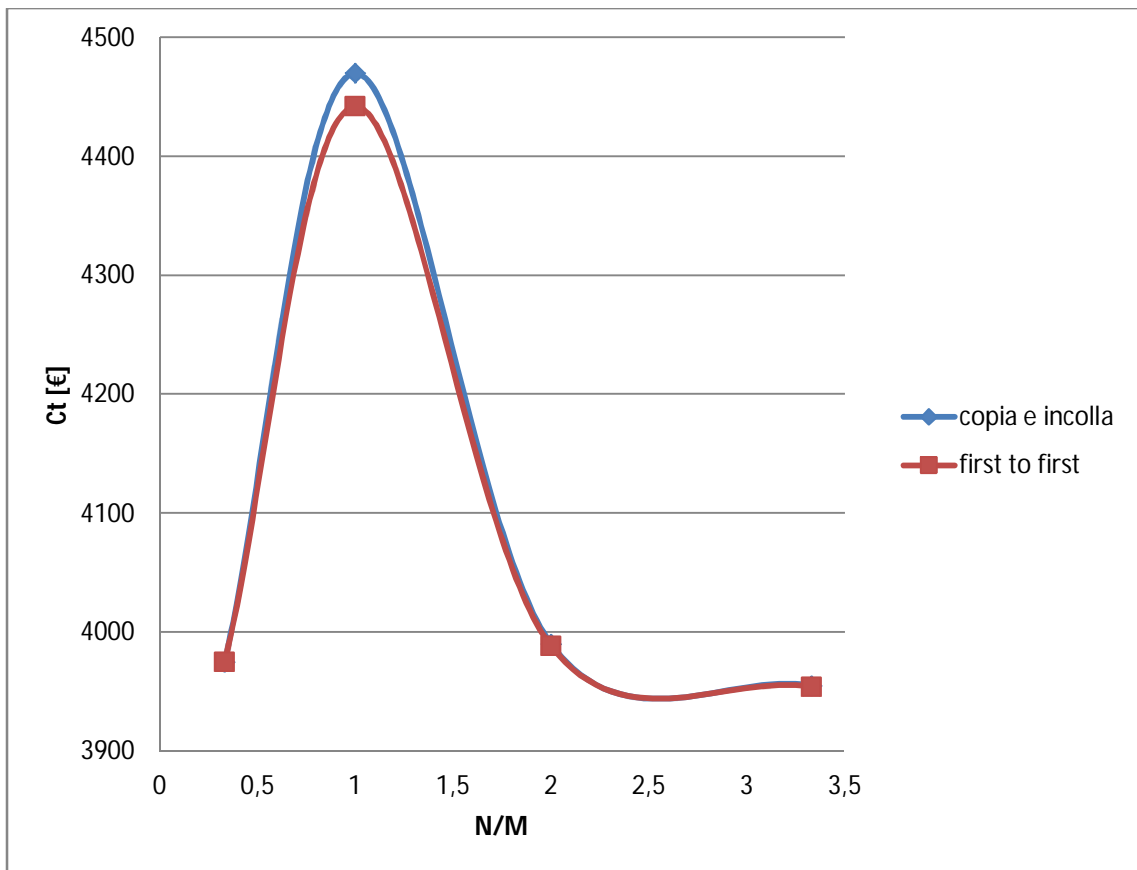
Si riporta il grafico del tempo massimo di completamento di commessa in funzione dello scarto quadratico delle commesse:



L'analisi dei risultati è molto chiara osservando i grafici, il metodo progressivo è generalmente il migliore eccetto per un caso con valore medio di scarto quadratico di SL delle commesse. Potenzialmente tra gli altri due metodi è il minimo costo ad essere il più economico, come ci si aspettava, tuttavia se non si escludono i costi di ritardo il minimo tempo è più cautelativo e sicuro (la distanza tra i due metodi non appare così significativa da accettare un simile rischio). Si nota la tendenza del metodo progressivo a migliorare con l'aumentare dello scarto quadratico, potrebbe essere un caso generato dai dati impostati. I tempi massimi rispettano le attese con l'approccio progressivo nettamente in vantaggio sugli altri.

Condizione $M > N$

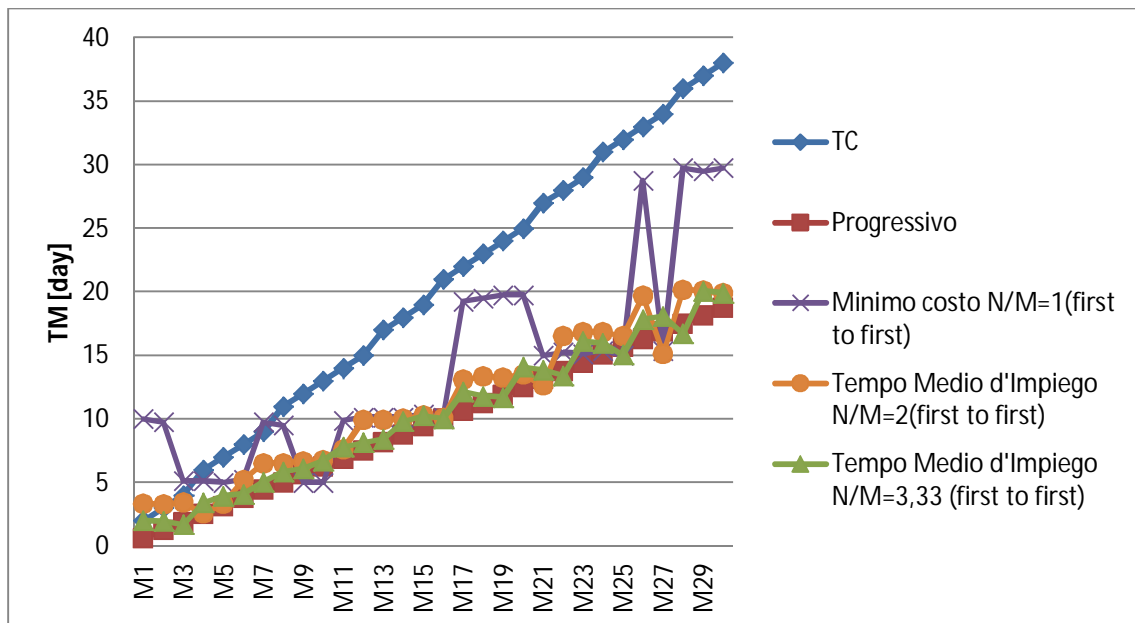
Essendo questa casistica più complessa e influenzata da 3 variabili (costo totale, scarto quadratico e rapporto N/M) si è scelto di fissare due valori estremi di scarto quadratico già nell'approccio dei casi studio e su questi valutare le altre variabili. Si sono raccolti i dati del caso alfa, quello con scarto quadratico basso, per riportarli in un grafico che rappresentasse il costo totale in funzione del rapporto N/M .



Un primo commento può essere già fatto, il metodo copia e incolla risulta essere peggiore. Per quanto riguarda la suddivisione, per bassi valori di scarto quadratico appare conveniente suddividere i blocchi il più possibile (per bassi valori di suddivisione si tende all'equivalenza tra metodo in tempo medio d'impiego e progressivo, per alti valori il secondo prevale leggermente). Infine è chiaro che di debba evitare assolutamente il rapporto $N/M=1$.

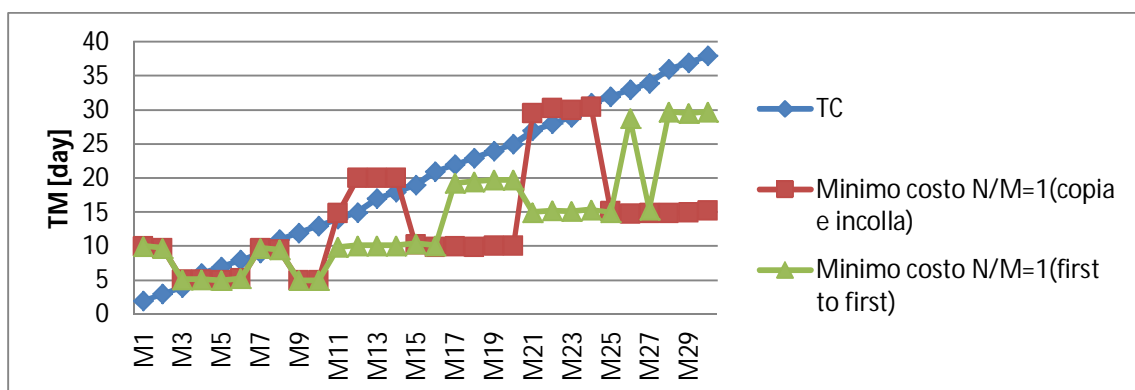
In seguito sono stati calcolati i tempi di realizzazione delle commesse e raccolti in un grafico.

I diversi metodi con l'approccio migliore a confronto:



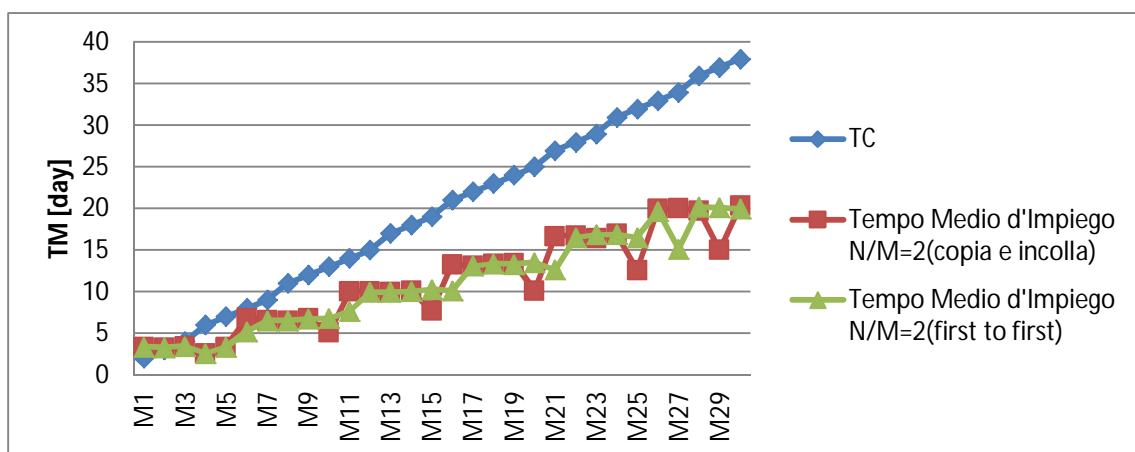
Si nota ancora meglio come il tempo medio d'impiego a suddivisioni 3,333 sia prossimo al metodo progressivo.

Tempi di realizzazione dell'approccio al minimo costo:



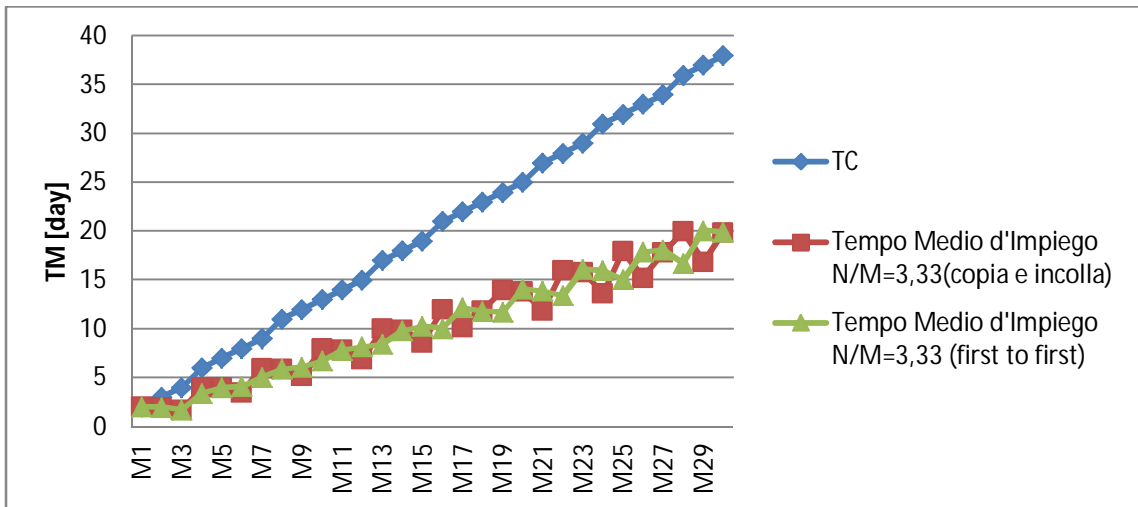
Si nota come abbia dei pesanti ritardi e solo come l'approccio first to first tenda ad ammortizzarli.

Tempi di realizzazione dell'approccio in tempo medio d'impiego con N/M=2



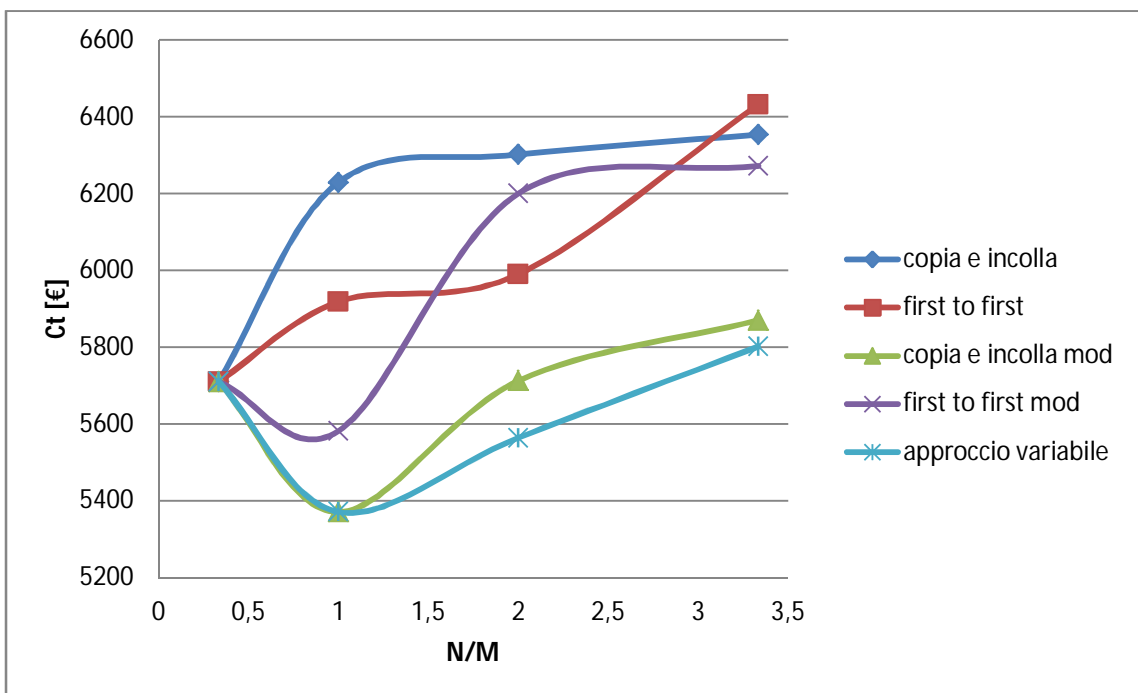
Si nota un ritardo nelle prime commesse ed una omogeneità di comportamento tra i due approcci.

Tempi di realizzazione dell'approccio in tempo medio d'impiego con $N/M=3,333$



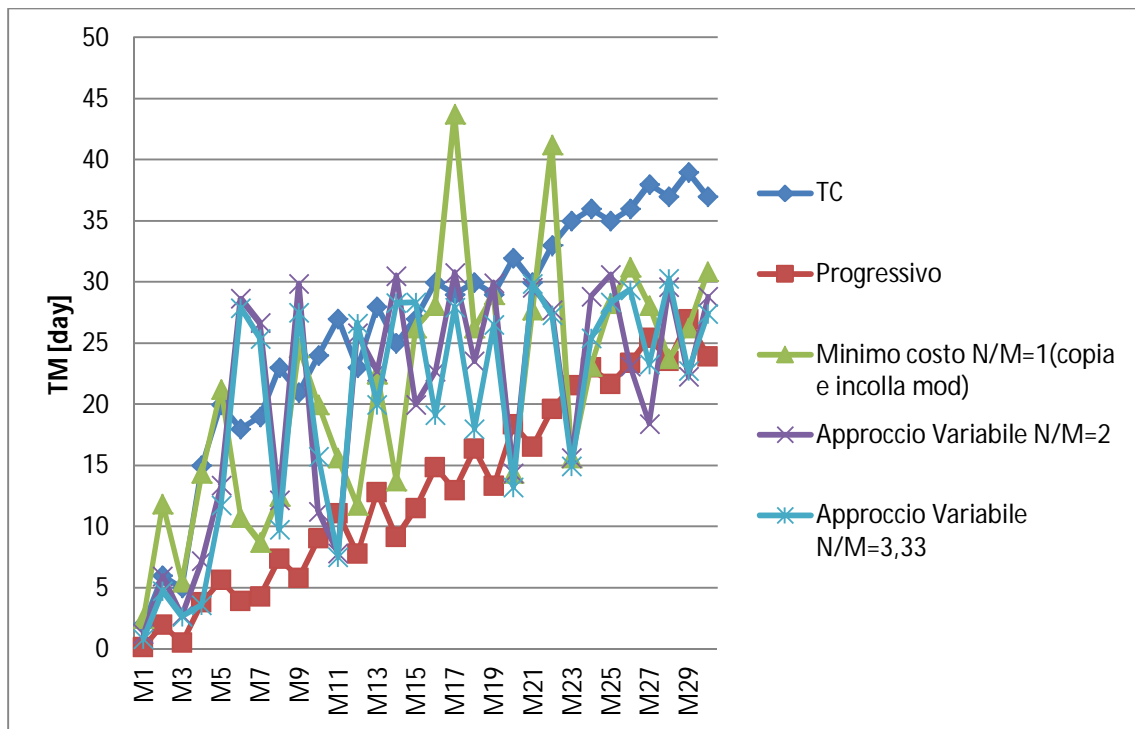
I comportamenti degli approcci sono simili al precedente applicati però ad un metodo molto più efficace.

In seguito si sono raccolti i dati del caso beta, quello con scarto quadratico alto, per riportarli in un grafico che rappresentasse la funzione costo totale in funzione del rapporto N/M .



Si nota come i metodi modificati siano un giovamento solo per l'approccio copia e incolla mentre il first to first risente troppo degli sbalzi di SL non avendo un comportamento prevedibile. L'approccio variabile conferma le attese e si nota un'inversione di tendenza con le migliori prestazioni a $N/M=1$ ed il costo aumentare con N/M alti.

Si riporta ora il grafico dei tempi di realizzazione delle commesse per i metodi migliori:



Si nota come non ci sia un miglioramento da parte dell'approccio variabile con l'aumento del rapporto N/M. L'approccio progressivo è nettamente il migliore ed il minimo costo ha pericolosi ritardi. I grandi ritardi sono dovuti da tempi di consegna eccessivi per commesse con basso SL che in questo modo vengono "sottovalutate". Da questa esperienza si capisce che si può "aggirare" il problema riducendo appositamente i tempi di consegna di commesse con SL molto piccoli per fronteggiare l'elevata eterogeneità degli ordini.

LINEE GUIDA PER L'UTILIZZO DEI METODI

Si hanno sufficienti dati per dettare delle linee guida per l'utilizzo dei metodi. Per ogni condizione si sono viste le prestazioni degli approcci e per ognuno si è considerato fondamentale la variabile dello scarto quadratico del tempo previsto SL. Si è riscontrato che lo scarto quadratico è una buona variabile discriminativa.

Nelle condizioni $M < N$ si possono individuare 3 zone in cui gli approcci hanno diversa efficacia:

- con basso scarto quadratico degli SL delle commesse gli approcci dominanti sono quello progressivo e in tempo medio d'impiego, tra questi due va verificato il migliore
- con valori medi di scarto quadratico l'approccio dominante è quello progressivo, in alternativa il più competitivo è sempre il tempo medio d'impiego
- con alti valori di scarto quadratico l'approccio dominante è quello in equivalenza d'impiego.

Nelle condizioni $M=N$ il metodo progressivo è generalmente dominante, si possono considerare gli altri metodi quando necessario discriminandoli principalmente sulla base del rischio di mancato completamento della commessa.

Nelle condizioni $M>N$ dai test si deducono delle importanti informazioni:

- lo scarto quadratico di SL delle commesse è un dato rilevante per scegliere quale strategia d'insieme adottare
- con scarti quadratici bassi conviene il frazionamento delle commesse in piccoli blocchi e l'adozione dei metodi più semplici è sufficiente a mantenere bassi i costi
- con scarti quadratici alti convergono frazionamenti bassi altrimenti bisogna utilizzare metodi più complessi per ridurre i costi
- nei test non sono stati considerati i costi di ritardo che penalizzano fortemente il metodo del costo minimo ($N/M=1$) e quelli a medio/basso frazionamento, se fossero importanti i metodi progressivi risultano i migliori (vedi appendice 3)

Considerando più in dettaglio i test eseguiti, nel primo si è notato la supremazia del metodo first to first e la potenzialità del frazionamento. E' stato però un test piuttosto favorevole come condizioni generali. Nel secondo l'alta variabilità di SL si è rivelata essere veramente dannosa e complicata da affrontare. Si è notato un comportamento completamente opposto del metodo con $N/M=1$ ed in generale del frazionamento tra i test. I tempi di consegna diventano fondamentali nel caso di elevata eterogeneità delle commesse in quanto possono essere "ignorati" da certi metodi causando pesanti ritardi. L'analisi dei tempi diventa d'obbligo per capire quali siano le commesse critiche ed apportare prontamente modifiche.

Tutte le considerazioni finora fatte si basano sulle ipotesi iniziali, ma quanto queste sono aderenti alla realtà? Si propongono considerazioni fondamentali tra i casi studio e i casi reali analizzando ogni ipotesi.

Flessibilità Operatori Infinita

Con questa ipotesi si uniformavano le capacità degli operatori rendendoli adatti ad occuparsi di ogni commessa. Nella realtà questa ipotesi combacia solo parzialmente, infatti se consideriamo che un'azienda possa essere divisa in gruppi di operatori con le stesse conoscenze si trova conferma. Sarà quindi necessario indirizzare blocchi di commesse ai rispettivi operatori in grado di svolgerle. Tuttavia in un'ottica più limitata, ovvero in presenza di pochi operatori con capacità diverse si creano dei vincoli nel momento in cui si applicano gli approcci. Per esempio il metodo progressivo potrebbe essere fortemente penalizzato se uno o più operatori non fossero in grado di completare tutte le commesse. Generalmente la minore

libertà di scelta può penalizzare i metodi creando vincoli che ne indeboliscano l'efficacia. Un'altra eventualità è che sia la commessa ad aver bisogno di una particolare operazione che può essere svolta da un numero limitato di operatori "speciali". Questo potrebbe significare l'obbligo da parte delle commesse di aspettare che l'operatore speciale sia libero per proseguire causando tempi morti o inefficaci distribuzioni degli operatori (per esempio, durante la progettazione si necessita di calcoli strutturali o verifiche statiche/dinamiche che richiedono un grado d'esperienza e di conoscenza non appartenente a tutto il team di operatori). Facendo l'ipotesi che l'operazione speciale possa essere eseguita in parallelo con una o più delle operazioni precedenti o seguenti, per evitare di creare dannosissime code si può spezzare la commessa in due sub-commesse (o più) e prevedere che siano eseguite con ordine obbligato (qualora fosse necessario). Preparata la commessa in questo modo è doveroso fare una modifica anche alle caratteristiche dell'operatore speciale dividendo la sua disponibilità oraria DO in due parti, una denominata DO ridotta e una DO speciale. La DO ridotta può essere stimata nel breve termine andando a prevedere quante operazioni speciali l'operatore dovrà fare e quanto queste influiscono sulla DO totale. Riducendo la DO originaria in una DO ridotta lo si potrà utilizzare in seguito come un operatore qualsiasi sapendo che una parte del suo tempo verrà utilizzata quando necessario per eseguire l'operazione speciale. Questa metodologia funziona bene se l'operazione speciale è una piccola parte di tutto il lavoro necessario per completare la commessa. Per meglio chiarire la procedura si fa un esempio schematico:

- si hanno 3 commesse (M1,M2,M3) di cui due necessitano di un'operazione speciale; quindi provvedo a creare le sub-commesse (M1A, M2, M3A, M1B, M3B)
- dispongo di 4 operatori (N1,N2,N3,NS) di cui uno provvederò a calcolarne la disponibilità ridotta (DOr) prevedendo in base alle commesse che necessitano dell'operazione speciale di quanto tempo avrà impiegato in tale attività (DOs)
- dividerò in due blocchi le commesse essendo costretto dall'obbligo di ordine di due delle tre commesse (primo blocco: M1A,M2,M1B ; secondo blocco: M1B,M2B)
- applicherò l'approccio migliore per eseguire le commesse del primo blocco (per NS devo tener conto della DOr)
- una volta terminate le commesse l'operatore NS affronterà subito l'operazione speciale (con DOs) per la prima commessa che viene completata mettendo in coda l'altra
- ultimata l'operazione speciale sceglierò l'approccio migliore (tra quelli visti in $M > N$ per rispettare l'obbligo di precedenza) per affrontare il secondo blocco (NS con DOr)

Leggermente più complesso è il calcolo dei tempi (a differenza di quello di costo che non vede particolari complessità) in quanto si deve tener conto che il tempo di esecuzione delle sub-commesse e dell'operazione speciale è semplice tuttavia perché non si è imposto nessun vincolo in cui NS non possa fare in parallelo alla prima sub-commessa l'operazione speciale (possibile grazie alla suddivisione della sua DO) diventa più complicato gestire il parallelismo dei tempi, quindi in maniera cautelativa si può calcolarla come se fossero fasi di operazioni non parallelizzabili. Qualora fosse impossibile parallelizzare l'operazione speciale con nessuna delle fasi precedenti o seguenti si genera una forte rigidità nella gestione delle commesse. Rimane valida l'idea di separare le commesse in sub-commesse ma non si può fare di più per migliorare le prestazioni vedendo le commesse spezzate in 3 fasi lavorative.

Parallelismo Commessa Infinito

Con questa ipotesi si era definito possibile affrontare una commessa con un numero infinito di operatori ma come si vedrà nell'appendice 3 ci possono essere numerose problematiche che obblighino ad avere un numero limitato di operatori da assegnare ad una commessa. Nella realtà è ben chiara l'intrinseca inefficacia di aver tanti operatori concentrati su un numero limitato di mansioni quindi questo può essere un dato piuttosto facile da stimare. Dal punto di vista degli approcci s'introducono dei vincoli che possono sfavorire il buon funzionamento degli stessi. Tuttavia è impossibile prevedere di quanto venga ridotta l'efficacia dei metodi in quanto dipende da caso a caso. Di volta in volta si dovranno ridistribuire gli operatori che non sono rientrati nella commessa per i vincoli imposti nel modo migliore per ottenere il minor costo, ci si affida quindi alla propria esperienza e alla possibilità di sfruttare strumenti che permettano rapidamente di calcolare il costo nelle varie combinazioni.

Parallelismo Operatori Nullo

Questa ipotesi vincolava un operatore a seguire dall'inizio alla fine una ed una sola commessa. Dato che non ci sono particolari vantaggi a far seguire ad un singolo operatore due commesse in contemporanea questa ipotesi vincola molto di più se si ridefinisce con: un operatore non può "aggiungersi" ad un altro se questi ha già cominciato ad eseguire la commessa. Nella realtà è molto facile che operatori che abbiano finito una commessa si concentrino a completare quelle già cominciate da altri. Se questa ipotesi non è più vincolante allora è lecito aspettarsi un miglioramento degli approcci, specie nei tempi di esecuzione delle commesse. Li si analizza uno ad uno:

- il metodo progressivo non subirà alcun miglioramento proprio per la sua logica di base, solo se parzializzato potrà migliorare all'ultima commessa ultimandola più velocemente
- il metodo in equivalenza d'impiego non può migliorare di molto se lo scarto quadratico di SL è basso in quanto per la sua logica si avranno tempi di esecuzione commesse piuttosto simili (specie se i tempi di consegna sono "stretti"), invece posso aspettarmi un miglioramento più concreto nella situazione opposta in quanto i gruppi di operatori più veloci accelereranno quelli più lenti (i miglioramenti sono da intendersi dal punto di vista soprattutto dei tempi di esecuzione, perché per ridurli si aumenta il costo orario quindi il costo totale non avrà benefici così evidenti)
- il metodo in tempo medio d'impiego non potrà migliorare di molto avendo i gruppi un tempo di esecuzione delle commesse molto simile, alcuni vantaggi si potranno avere se una o più commesse hanno uno SL molto più grande della media (valgono le stesse considerazioni fatte per il metodo precedente su tempi e costi)
- il metodo del minimo costo può migliorare in modo più incisivo nei tempi di esecuzione dato che il rispetto dei tempi di consegna era il suo difetto più grande (il costo non dovrebbe subire grandi cambiamenti)
- il metodo del minimo impiego non dovrebbe presentare netti miglioramenti né in tempi di esecuzione né in costi
- gli approcci usati per le casistiche $M > N$ non risentono particolarmente dello "svincolo" da questa ipotesi se non per l'ultimo blocco di commesse, ovviamente se si utilizzano 2 blocchi allora potranno esserci dei vantaggi proporzionali a quelli dei metodi usati per completarli altrimenti per un alto numero di blocchi il vantaggio è da considerarsi quasi trascurabile (a meno che non vi siano forti discrepanze di tempo di esecuzione).

Ugual Capacità Produttiva

Con questa ipotesi si erano omogeneizzati tutti gli operatori, nella realtà questo non è vero a meno che non si abbia a che fare con una serie di macchine tutte uguali. Questo studio non era stato formulato per adattarsi a gruppi di macchine di cui è più facile sapere la produttività (essendo un dato tecnico) e la cui commessa può essere espressa come un lotto di prodotti da completare (quindi un numero certo e non una stima come SL). Nell'ottica dello studio l'operatore è stato spesso associato ad una risorsa umana capace di variare molto la tipologia di prodotto sviluppato. La flessibilità di un'azienda dipende fortemente dal grado di conoscenze e di flessibilità stessa degli operatori. Ignorando il caso in cui si abbiano macchine

con produttività definita in quanto sono già presenti strumenti per la gestione di lotti di prodotti ci si concentra su operatori come fossero risorse umane. E' possibile anche qui introdurre un concetto di "produttività" basandosi su piccole mansioni che compongono una commessa. Ad esempio se si pensa alla commessa M come al progetto di un'automobile ed agli operatori N1 ed N2 come a progettisti/disegnatori si potrà fare una differenziazione tra i due sulla capacità di "produrre" disegni tecnici. Una volta provato "sperimentalmente" che N1 e N2 realizzano rispettivamente 8 disegni/ora e 10 disegni/ora posso tenere conto della maggior produttività di N2 sulla base di N1 aggiungendo nella caratterizzazione degli operatori un nuovo fattore denominato appunto produttività "p" pari a 1 per N1 e 1,25 per N2. Tuttavia se si ha a che fare con commesse molto eterogenee non è consigliabile eccedere con i fattori di produttività in quanto un progetto più complesso potrebbe penalizzarli perché potrebbe evidenziare un diverso comportamento dovuto alle personali esperienze degli operatori. Generalmente si può, quindi, definire all'interno del gruppo di operatori un "operatore medio" e su questo calcolare il fattore di produttività. Dal punto di vista degli approcci non cambia molto in quanto si aggiunge soltanto una caratteristica in più agli operatori, importante è calcolare correttamente l'IPO:

$$IPO = \frac{co}{DO * p}$$

Evitando di eccedere nel qualificare troppo un operatore con un "p" alto si rimane in un range di cautela che può tornare utile nei casi sfavorevoli come l'errato calcolo di SL o ritardi di produzione.

Appendice 1 – Caso delta

Descrizione: ricezione da parte di clienti diversi in tempi di poco diversi di commesse con SL molto piccolo, buona programmazione dei tempi di consegna.

Caratterizzazione delle commesse:

Numero Commessa	SL	TC	crit
M1	9	2	50
M2	8	1	50
M3	11	4	50
M4	9	3	50
M5	12	5	50

Dei dati che risulteranno importanti per l'analisi finale sono la stima del lavoro medio SL_m (9,8 h) e lo scarto quadratico (3,28 h).

Caratterizzazione degli operatori:

si sono mantenuti gli stessi dati dei casi studio nelle stesse condizioni.

Applicazione dell'approccio progressivo:

ordine esecuzione di commesse		SUM (DO)
M2-M1-M4-M3-M5		72
Tempo esecuzione commesse		Verifica TC
TM2	0,111111111	v
TM1	0,236111111	v
TM4	0,361111111	v
TM3	0,513888889	v
TM5	0,680555556	v

Il costo totale risulterà essere di 171,50€.

Applicazione dell'approccio in equivalenza d'impiego:

Il valore di N_M non è variato dai casi precedenti.

Commessa	Operatori	TM	Verifica TC	Ctot Comm.
M2	N7-N8	1	v	50
M1	N9-N10	1,125	v	45
M4	N11-N12	1,125	v	40,5
M3	N1-N2-N6	0,458333	v	31,16667
M5	N3-N4-N5	0,5	v	29

Il costo totale risulterà essere di 195,67€.

Applicazione dell'approccio in minimo impiego:

Commessa	Operatori	TM	Verifica TC	Ctot Comm.
M2	N7-N5	0,666667	v	28,66667
M1	N8-N6	0,75	v	32,25
M4	N9-N2	0,75	v	33,75
M3	N10-N3-N12	0,6875	v	39,875
M5	N11-N4-N1	0,6	v	37,8

Il costo totale risulterà essere di 172,34€.

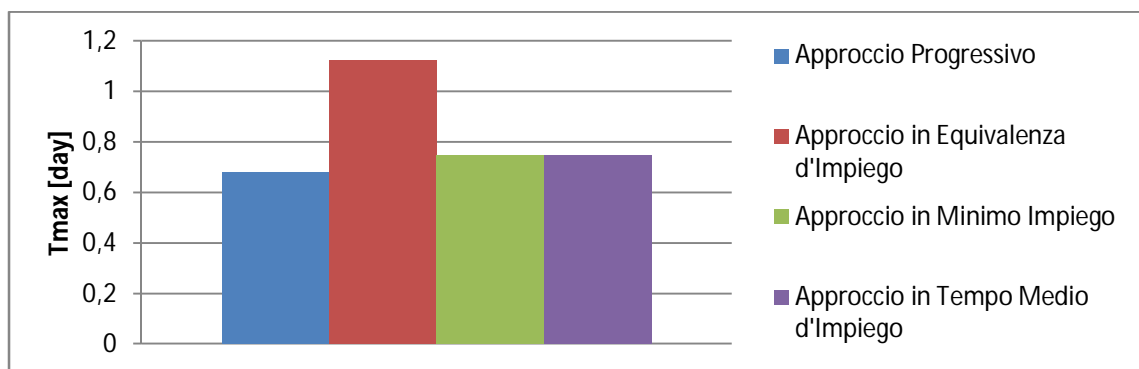
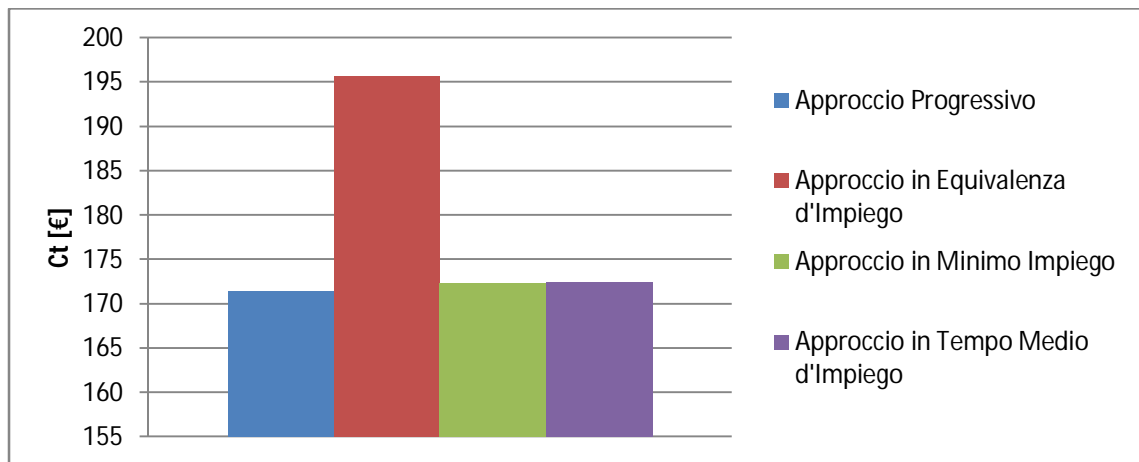
Applicazione dell'approccio in tempo medio d'impiego:

si è calcolato un valore di $TM_m=0,68$ day.

Commessa	Operatori	TM	Verifica TC	Ctot Comm.
M2	N7-N5	0,666667	v	28,66667
M1	N8-N6	0,75	v	32,25
M4	N9-N3	0,75	v	30
M3	N10-N4-N2	0,55	v	35,75
M5	N11-N1-N12	0,75	v	45,75

Il costo totale risulterà essere di 172,42€ (con il costo del ritardo 1641,07€).

Si riportano dei grafici riassuntivi delle prestazioni rispettivamente del costo totale e del tempo massimo di completamento delle commesse.



Questo caso è stato creato appositamente per dimostrare che il minimo impiego aumenta la sua efficienza quando il rapporto tra SL/DO è prossimo al tempo di consegna, ovvero quando con un solo operatore si può eseguire la commessa nei tempi di consegna. In questo caso non risulta esattamente il migliore in quanto siamo nella zona (come analizzato dal paragrafo precedente) in cui l'approccio in tempo medio d'impiego ed il progressivo sono i migliori. Questo è per dimostrare che generalmente l'approccio può essere il peggiore ed è difficile applicarlo, però bisogna ricordare che è stato fondamentale per la descrizione del metodo del tempo medio d'impiego.

Appendice 2 – La commessa Onerosa

La commessa "onerosa" è una commessa che si distingue dalla media della altre per un valore di SL di almeno un ordine di grandezza superiore. In questo caso bisognerà definire una priorità nell'esecuzione delle commesse perché affrontarle tutte insieme potrebbe inficiare i

risultati degli approcci fin qui analizzati. Per farlo si utilizza una variabile definita come indice di prestazione della commessa IPC:

$$IPC = \frac{cr}{TC}$$

Una volta deciso di affrontare separatamente la commessa onerosa dal gruppo delle altre commesse bisogna decidere quale eseguire prima, molto dipende dai tempi di consegna e dal costo di ritardo. Per aiutarsi nella scelta si possono fare delle considerazioni a partire da un dato:

$$\frac{(IPC)_{commessa\ onerosa}}{\sum_{i=1}^M IPC_i}$$

Se il numero che risulta dal rapporto è alto e maggiore ad 1 allora generalmente si può pensare che il costo di ritardo della commessa onerosa è alto oppure si ha un tempo di consegna molto stretto, sommariamente si può stimare che il costo di ritardo delle altre commesse sia inferiore. Il pericolo maggiore viene quindi individuato in un ritardo della commessa onerosa. Viceversa se il numero è minore di uno e tendente a zero il costo di ritardo delle varie commesse è potenzialmente più pericoloso di un ritardo della commessa onerosa. Avere una buona flessibilità degli operatori ed in particolare della commessa onerosa aiuterebbe molto in questa situazione e permetterebbe di gestire le commesse con un margine di sicurezza più ampio.

Appendice 3 – Approccio Progressivo Parzializzato

Come visto dai vari test fin qui eseguiti l'approccio progressivo ha come pregio di essere il più veloce ed anche il più economico quando lo scarto quadratico di SL non ha valori alti. Purtroppo può risultare difficile da applicare specie quando si ha un numero di operatori elevato. Sia per motivi logistici che umani (quando gli operatori sono risorse umane) è difficile far lavorare molti operatori ad un singolo progetto. Molto dipende anche dalla commessa: se questa ha "mansioni" frazionabili e parallelizzabili allora ben si adatta al progressivo altrimenti diventa proibitivo. Inoltre man mano che la commessa giunge a compimento l'efficienza degli operatori cala perché si possono generare attese o eccessiva disponibilità di operatori. Sulla base di queste considerazioni è facile pensare di poter "parzializzare" il metodo progressivo dividendo il totale degli operatori in team più piccoli. L'ipotesi di suddivisione più semplice è secondo l'indice di prestazione degli operatori medio IPO_m per team.

$$IPO_m = \frac{\sum_{i=1}^N IPO_i}{NT}$$

Essendo NT il numero di team, ricavabile da:

$$NT = \frac{N}{NO}$$

Ove NO è il numero di operatori per team che si impone per determinate condizioni. Per mantenere un certo equilibrio al primo team si aggiungono alternativamente operatori con il più alto IPO ed il più basso. Al termine dovrà essere rispettato il numero NO di operatori per team e quindi potrebbe essere necessaria una correzione (che dovrà essere fatta nell'intento di far equivalere gli IPO tra i team).

Si è fatto un test per vedere come la suddivisione influisce sulle prestazioni del metodo affrontando un caso a basso valore di scarto quadratico di SL (ovvero quello a maggior vantaggio per questa tipologia di approccio).

Caratterizzazione commesse:

Numero Commessa	SL	TC
M1	40	1,5
M2	39	2
M3	41	3
M4	41	3
M5	40	4

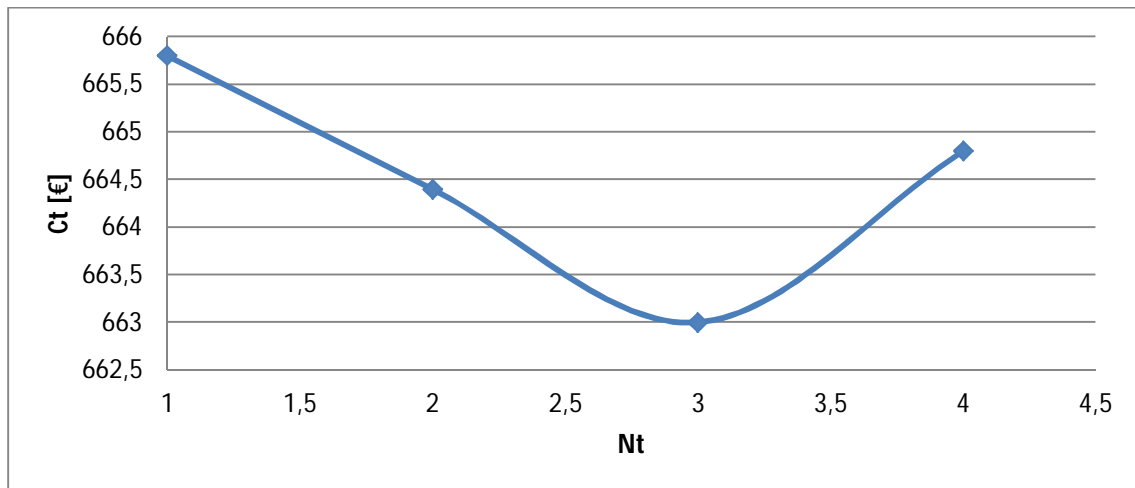
Caratterizzazione operatori:

Numero Operatore	DO	co	IPO
N01	8	25	3,125
N02	8	20	2,5
N03	8	18	2,25
N04	4	25	6,25
N05	4	18	4,5
N06	8	25	3,125
N07	8	20	2,5
N08	8	18	2,25
N09	4	25	6,25
N10	4	18	4,5
N11	8	25	3,125
N12	8	20	2,5
N13	8	18	2,25
N14	4	25	6,25
N15	4	18	4,5
N16	8	25	3,125
N17	8	20	2,5
N18	8	18	2,25
N19	4	25	6,25
N20	4	18	4,5

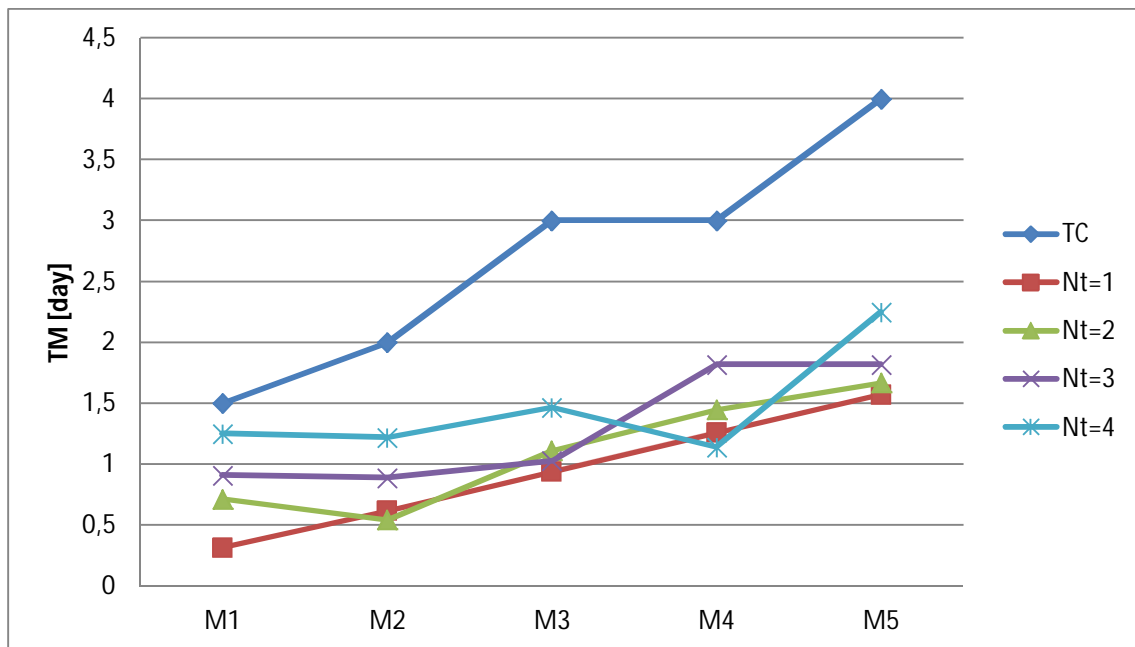
Si è fatta un'analisi aumentando il numero di team di volta in volta ottenendo i seguenti risultati:

Nt	Ct
1	665,8
2	664,4
3	663
4	664,8

Si riporta il grafico del costo totale in funzione del numero di team:

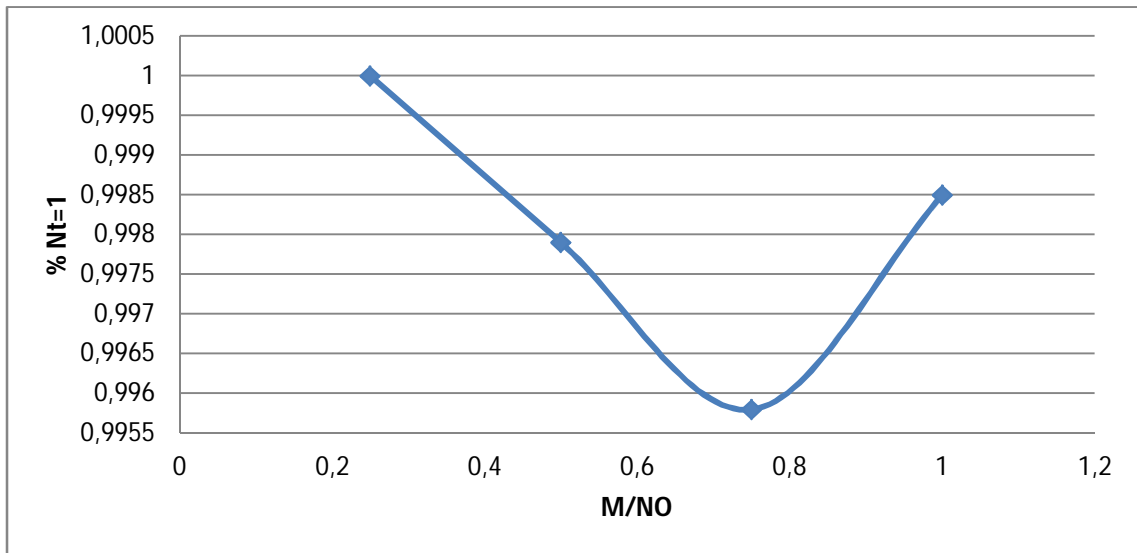


In seguito si è provveduto al calcolo dei tempi di compimento delle commesse e riportati in grafico:



Si è notato come vi sia un vantaggio dal punto di vista del costo nel parzializzare il metodo fino ad un certo valore oltre il quale l'approccio tende a degenerare. Si può supporre che questo comportamento sia dovuto all'avvicinarsi di condizioni simili a quelli degli approcci che

parallelizzano le commesse tra gli operatori e che la schematizzazione di questo approccio fallisca. Dal punto di vista dei tempi di compimento c'è invece un peggioramento del metodo come ci si aspettava. In generale si è voluto ricavare un grafico in cui vi sia la percentuale di costo rispetto al metodo base in funzione del rapporto M/NO (dove sia da considerarsi NO un valore fisso definito dalle condizioni di lavoro e M possibilmente variabile, specie per casi con $M > N$).

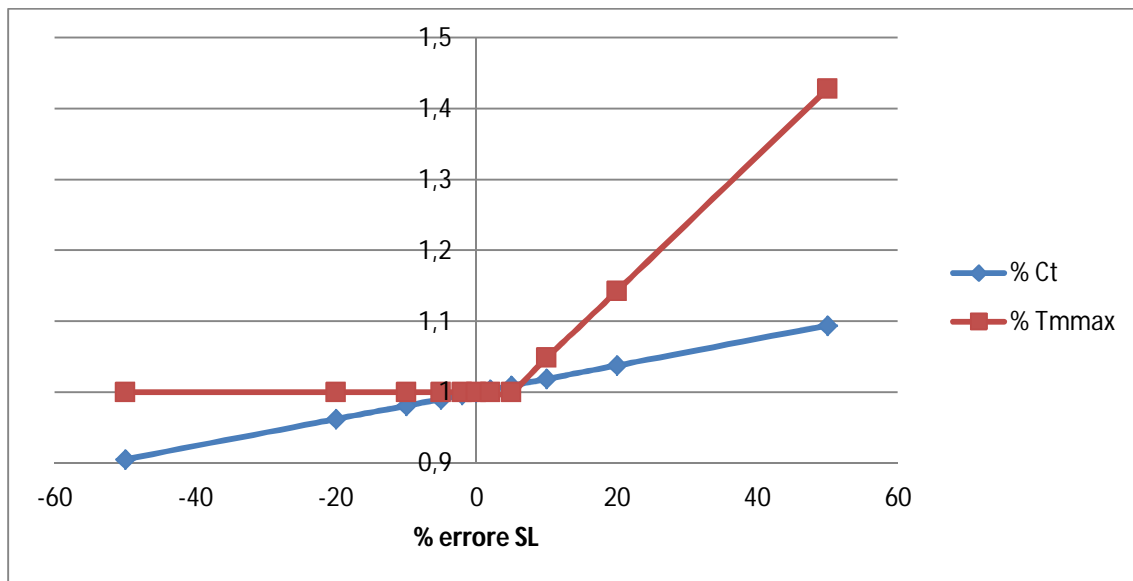


Si nota come ci sia la tendenza ad un minimo tra 0,7 e 0,8 e come il vantaggio in termini di costo sia davvero esiguo.

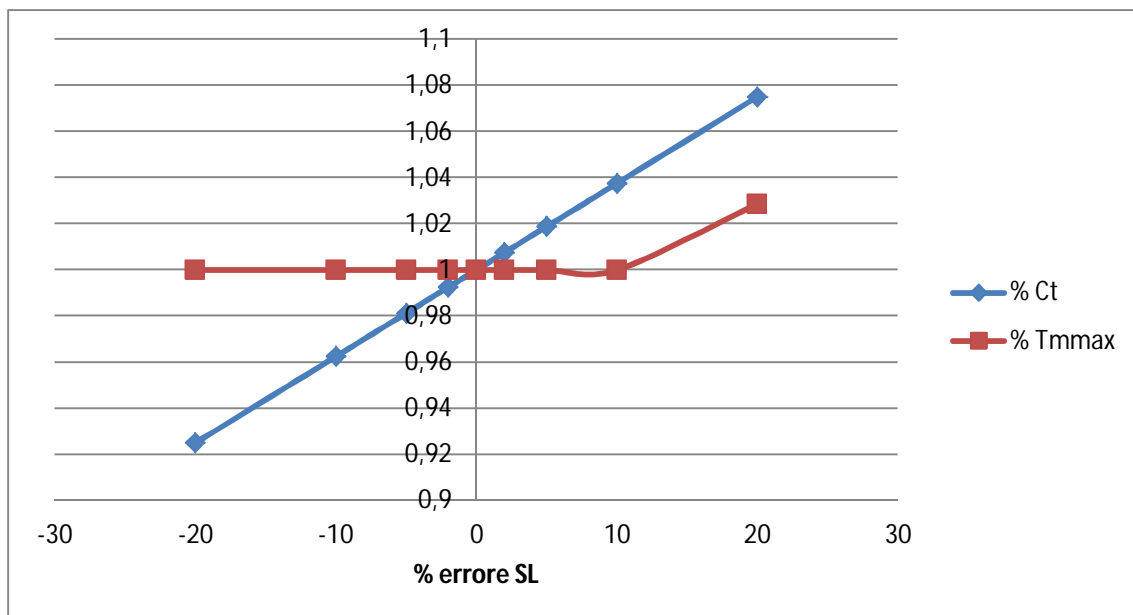
Appendice 4 – La stima del lavoro necessario per una commessa

Come già descritto uno dei dati più difficile da ricavare è appunto la stima delle ore necessarie per portare a termine una commessa. Essendo importante anche per la stima del valore contrattuale del lavoro svolto è un parametro fondamentale da ambo i fronti: l'azienda verso il cliente e la gestione delle commesse all'interno dell'azienda stessa. Per chi definisce tale valore è necessario avere una chiara idea di quella che è la capacità produttiva dei propri operatori. In base all'esperienza maturata dall'analisi dei tempi di esecuzione di varie commesse di diversa difficoltà ci si può basare sulla definizione di una commessa "standard". Bisogna tenere inoltre conto che più commesse si hanno meno operatori disponibili ci saranno per affrontare una commessa e quindi maggiori tempi di consegna. Appare quindi che la valutazione di questo parametro sia molto complesso e ed in teoria si dovrebbe fare in base ad una "commessa standard" ed in base ad un "operatore medio". Non potendo formulare alcun aiuto per definire al meglio questo parametro non rimane che vedere quali siano i possibili danni causati da un errata stima.

Grafico della percentuale del costo totale con SL senza errore e della percentuale del tempo massimo di esecuzione commessa con SL senza errore in funzione dell'errore percentuale di SL:



Il caso a cui si fa riferimento è quello alfa (basso valore di scarto quadratico) della casistica M<N in cui si applica un errore alla stima SL della commessa M4 sui risultati dell'approccio migliore (tempo medio d'impiego). Si è aumentato e diminuito l'errore fino a prima della generazione di un costo di ritardo. Non essendo la commessa con tempo massimo di esecuzione non si nota alcun vantaggio nell'esecuzione della commessa più lenta con eccesso di SL. I costi rimangono piuttosto contenuti, all'incirca un $\pm 10\%$. Preoccupante l'aumento del tempo di esecuzione.



Il caso a cui si fa riferimento è quello epsilon (alto valore di scarto quadratico) della casistica M<N in cui si applica un errore alla stima SL della commessa M3 sui risultati dell'approccio

migliore (equivalenza d'impiego). Si è aumentato e diminuito l'errore fino a prima della generazione di un costo di ritardo. Non essendo la commessa con tempo massimo di esecuzione non si nota alcun vantaggio nell'esecuzione della commessa più lenta con eccesso di SL. I costi rimangono piuttosto contenuti, all'incirca un $\pm 12\%$. Meno preoccupante l'aumento del tempo di esecuzione.

Le conclusioni che si possono trarre sono la buona risposta dei metodi che "resistono" anche ad aumenti cospicui dell'errore (fino al 50% nel primo caso) mantenendo i costi intorno ad aumenti del 10%. Quello che è più importante è il tempo di esecuzione della commessa che può avere picchi sensibili soprattutto in base al metodo che si utilizza, tuttavia se ci sono margini sufficienti nei tempi di consegna non dovrebbero generarsi casi di ritardi (l'aumento percentuale del tempo di esecuzione commessa rimane anche nel caso peggiore minore di quello di SL).

CONCLUSIONI

Nella presente tesi è stata sviluppata ed analizzata una situazione particolare, secondo alcuni punti di vista addirittura estrema. Si ricordano le premesse in cui si affrontava il problema di una possibile azienda che si "mette in gioco" accettando commesse eterogenee al limite ed anche oltre del know-how posseduto. La parola chiave per condizioni di questo genere è assolutamente la flessibilità. Rispettando questa necessità la tesi si è svolta nell'analisi del problema principale di assegnare le risorse alle commesse alla ricerca del minimo costo. Assumendo come caso realistico quello di uno studio tecnico che produce principalmente un bene non materiale, un esempio può essere la progettazione di un componente per parti terzi oppure una consulenza tecnica, si è volutamente incentrato tutto il lavoro sulla minimizzazione del costo delle risorse, fattore principale del costo finale del prodotto. Il problema affrontato così come potrebbe essere in realtà presenta un numero di variabili non gestibile. Si sono fatte forti ipotesi semplificative ed in seguito ricercato una soluzione attraverso la proposta di metodi di assegnazione innovativi. Con la conferma dalla letteratura che la via numerica e/o di programmazione lineare sia oltremodo difficile e poco chiara ai fini della manipolazione necessaria per rispettare la filosofia di massima flessibilità si è scelto di approfondire gli approcci euristici. Non soffermandosi nel fornire un solo metodo si sono esplorate più vie attraverso l'analisi di casi studio ed in seguito fornito una serie di linee guida per sfruttare con la massima efficacia il lavoro prodotto. Infine si sono richiamate le ipotesi semplificative fatte in precedenza e confrontate con la realtà lavorativa giungendo a conclusioni positive, quando gli approcci si sono dimostrati sufficientemente flessibili da adattarsi alle condizioni reali oppure negative quando la loro rigidità ha impedito il raggiungimento di un risultato adeguato. In riferimento al lavoro svolto si afferma che tale tesi ha prodotto uno strumento immediatamente applicabile e assolutamente flessibile che in mani esperte di project manager può essere ben sfruttato con risultati eccellenti al cospetto di una gestione libera ma anche una prima base di studio per un successivo approfondimento e miglioramento con la possibilità di interfacciarsi materialmente con il mondo del lavoro.

BIBLIOGRAFIA

Alessandro Persona, Alberto Regattieri, Pietro Romano, "An Integrated reference model for production planning and control in SMEs".

Julian Eckert, Deniz Ertogrul, Andr e Miede, Nicolas Repp, Ralf Steinmetz, "Resource Planning Heuristic for Service-Oriented Workflows".

Doron Greenberg , "Cost Estimating the Quality of Stochastic Network Projects Portfolio".

Ling Zhe, Shan Mi Yuan , "Research on Fast Cost Estimation of Project in Project Family Based on Case Based Reasoning".

Mathias Kern, Siddhartha Shakya, Gilbert Owusu, "Integrated Resource Planning for Diverse Workforces".

Min-Ren Yan, "Evolutionary Optimization Model for Managing Project Changes with Minimum Cost".

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Chiarissimo Professore Alessandro Persona per la fiducia riposta nelle mie capacità ed il supporto fornito per la realizzazione di questa tesi.

Si ringrazia l'ingegnere Pietro Carton per l'instancabile sostegno e totale fiducia sempre dimostrata con ogni mezzo a sua disposizione per tutta la durata del percorso di studi.

Si ringrazia l'ingegnere Diego Cumerlato per l'impagabile apporto in ogni situazione in cui c'è stato bisogno di aiuto.

Infine si ringraziano tutte le persone che hanno contribuito direttamente o indirettamente per la realizzazione di questa tesi o del percorso di studi.