



**Politecnico  
di Torino**

Politecnico di Torino

Dipartimento di Ingegneria Gestionale e della Produzione

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

A.a. 2023/2024

Sessione di Laurea Ottobre 2024

# **Implementazione della metodologia Scrum in progetti aerospaziali**

Relatori:

Alberto De Marco

Filippo Maria Ottaviani

Candidato:

Alessandro Maggio



## Abstract

L'implementazione della metodologia Scrum nei progetti aerospaziali presenta sfide significative, derivanti dalla complessità intrinseca del settore e dalla necessità di integrare componenti hardware e software. La crescente competitività del mercato aerospaziale e l'evoluzione tecnologica richiedono metodi di gestione più flessibili e adattabili.

Nonostante i vantaggi potenziali di Scrum, la sua applicazione nei progetti aerospaziali è ancora limitata. Questo studio colma un vuoto nella letteratura analizzando l'uso di Scrum nei progetti aerospaziali e confrontandolo con le metodologie tradizionali. Per effettuare questa ricerca sono stati esaminati articoli e revisioni da Scopus, Pico PoliTo e Taylor & Francis Online, utilizzando altri software come Mendeley Reference Manager e Excel per la gestione e l'analisi dei dati.

I risultati mostrano che Scrum può aumentare la flessibilità, ridurre i tempi di sviluppo e ottimizzare l'allocazione delle risorse, anche se la gestione simultanea di hardware e software rimane una sfida significativa. Il lean manufacturing continua a essere la metodologia dominante nel settore. Le implicazioni teoriche suggeriscono lo sviluppo di modelli di gestione più adattabili per contesti che combinano hardware e software, mentre le implicazioni pratiche sottolineano l'importanza di una formazione continua dei team e di strumenti di comunicazione efficaci.

Le principali limitazioni dello studio includono il rischio di bias del revisore unico e la mancanza di dati quantitativi sufficienti. Gli studi futuri dovrebbero focalizzarsi sull'adattamento delle metodologie agili ai contesti hardware e sull'analisi dell'impatto finanziario della transizione dal lean all'agile.

In conclusione, mentre Scrum ha il potenziale per migliorare la gestione dei progetti aerospaziali, sono necessari ulteriori studi e adattamenti specifici per sfruttare appieno i suoi benefici.

# Indice

<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>5</b>
PROJECT MANAGEMENT .....	7
AGILE PROJECT MANAGEMENT .....	7
METODOLOGIA SCRUM .....	10
SYSTEMS ENGINEERING.....	12
LIFE CYCLE .....	13
STATO DELL'ARTE, PUNTI DI MIGLIORAMENTO E OBIETTIVO DELLA TESI .....	15
<b>ANALISI DELLA LETTERATURA.....</b>	<b>17</b>
TITOLO.....	17
ABSTRACT .....	17
INTRODUZIONE.....	18
METODI .....	19
RISULTATI.....	27
DISCUSSIONE .....	41
<b>DISCUSSIONI.....</b>	<b>44</b>
RISULTATI.....	44
IMPLICAZIONI PER LA TEORIA.....	48
IMPLICAZIONI PER LA PRATICA.....	49
LIMITAZIONI .....	50
<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>51</b>

# Indice delle figure

<i>Figura 1: Ciclo di Deming</i> .....	8
<i>Figura 2: System realization</i> .....	14
<i>Figura 3: Hierarchical Decomposition of a System-of-Interest (Faisandier 2012)</i> .....	15
<i>Figura 4: Metodologie usate</i> .....	24
<i>Figura 5: Overview metodi specificati</i> .....	24
<i>Figura 6: Prisma 2020 flow diagram</i> .....	27
<i>Figura 7: ordinamento crescente delle problematiche</i> .....	46
<i>Figura 8: Numero annuo di pubblicazioni</i> .....	48

## **Indice delle tabelle**

<i>Tabella 1: Metodologie di gestione adottate</i> .....	30
<i>Tabella 2: Pros e Cons</i> .....	36
<i>Tabella 3: Confronto problematiche riscontrate</i> .....	45

# Introduzione

## Project management

Il PMBOK definisce un progetto come “uno sforzo temporaneo intrapreso per creare un prodotto o un servizio unico”; in altre parole si può dire che è un insieme di attività caratterizzata da un tempo di inizio e di fine, e che convergono tutte verso uno stesso obiettivo.

Effettuare “project management” significa gestire uno o più progetto, eseguire attività di pianificazione e organizzazione delle risorse, come anche di motivazione e controllo delle stesse.

Si possono identificare due approcci diversi:

- **waterfall**, è quell’approccio che prevede un susseguirsi di fasi in cui una fase non inizia se la precedente non è terminata e approvata.

Il problema in questo caso nasce nel momento in cui una fase precedente e quindi conclusa sia da rivedere, mentre ce n’è già un’altra in corso; questo infatti potrebbe risultare complicato e costoso. Si segue quindi un processo lineare e sequenziale, così che questo approccio si rende più indicato per progetti con uno sviluppo sostenibile e ricorrente, e non adatto quindi a contesti troppo turbolenti

- **agile**, può seguire una “formula” simile a quella del project management a cascata ma è un approccio caratterizzato da incrementi minori e con cicli di feedback regolari.

## Agile Project Management

Si inizia a sentir parlare di “Metodologia Agile” o “Agile Manifesto” a partire dal Febbraio 2001, quando un gruppo di sviluppatori software in una delle località sciistiche nello Utah decidono di riunirsi per riuscire a rendere lo sviluppo del software una pratica più adattabile e reattiva al cambiamento: più “agile”, come venne poco dopo definita dal gruppo stesso.

Di fatto però le società hanno iniziato a operare in modo agile ben prima del 2001, già a partire da metà anni Novanta; in questo periodo infatti c’erano diversi professionisti e consulenti in ambito software che già avevano intuito che le modalità di sviluppo andavano cambiate, in quanto risultavano poco funzionali.

Il manifesto agile recita:

*“Stiamo scoprendo approcci migliori per sviluppare il software, praticandoli ed aiutando altri a praticarli. Grazie a questo lavoro siamo arrivati a ritenere importanti:*

- *gli individui e le loro interazioni, più che i processi e gli strumenti;*
- *il software funzionante, più che una documentazione onnicomprensiva;*
- *la collaborazione con il cliente, più che la negoziazione dei contratti; il rispondere ai cambiamenti, più che il seguire un piano.”*

Questa tipologia di project management si basa inoltre su quella che viene definita metodologia “Plan-Do-Check-Act”, o ciclo di Deming: si tratta di un processo interattivo finalizzato al miglioramento del prodotto, ma anche del servizio e del processo.

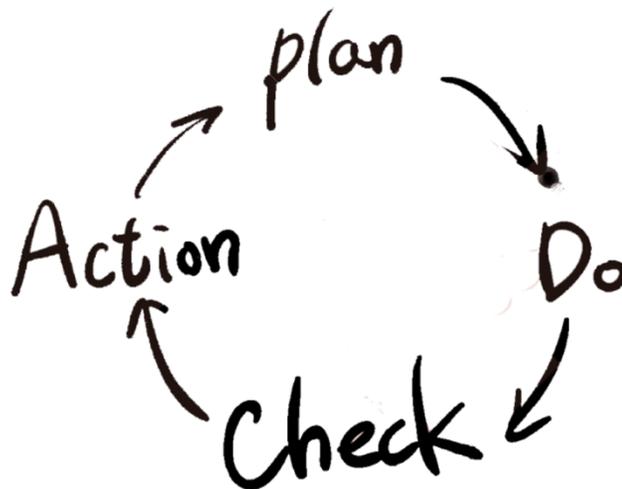


Figura 1: Ciclo di Deming

Si possono quindi osservare 4 fasi che si susseguono, nello specifico:

- **Plan**, la fase in cui vengono definiti processi e obiettivi utili a raggiungere i risultati attesi;
- **Do**, ovvero il momento in cui si effettuano operazioni attuative del piano, eseguendo i processi e creando quindi il prodotto
- **Check**, in cui eseguono test di controllo per poi riscontrare i risultati ottenuti con i dati raccolti nella fase precedente e con gli obiettivi del Plan
- **Act**, ultima prima di ricominciare il ciclo, consiste nell'attuare azioni utili a rendere definitivo il processo, o eventualmente a migliorarlo.

In generale quindi si tratta di un approccio del project management con una maggiore attenzione lato lavoratori e più adatto a contesti instabili, in cui l'evoluzione delle fasi di progetto non sono necessariamente predefinite ex-ante ma in cui è prevista la continua rimodulazione e formazione delle stesse.

## Metodologia Scrum

Si tratta di un framework utilizzato dai team che si occupano di project management per generare valore attraverso soluzioni in grado di adattarsi a problemi complessi in ambienti dinamici.

Si tratta di un modello volutamente incompleto che definisce le parti necessarie ad implementare la teoria Scrum: non fornisce alle persone istruzioni dettagliate, bensì fornisce regole con lo scopo di instradare relazioni e interazioni che si creano tra esse.

È una metodologia basata su empirismo e pensiero lean la quale combina quattro eventi formali per l'ispezione e l'adattamento all'interno di un unico evento detto Sprint.

Richiede inoltre uno Scrum Master utile a favorire un ambiente in cui:

1. Vi è un problema complesso sulla quale il *Product Owner* ordina il lavoro all'interno di un *Product Backlog*
2. Successivamente subentra lo *Scrum Team*: si occuperà degli Increment durante uno sprint, ovvero di portare avanti il lavoro richiesto
3. Ci sarà poi una fase in cui i risultati vengono ispezionati sia dal cliente che dal team stesso
4. In modo ciclico si ricomincia da capo

Lo Scrum team è composto da persone che concorrono verso lo stesso obiettivo, mediante il supporto reciproco.

Il loro focus è quindi sull'oggetto dello sprint e il successo che ottengono dipende dall'abilità dei componenti di riuscire a migliorarsi in cinque valori principali: impegno, focus, apertura, rispetto e coraggio.

Si tratta di team autogestiti e composti da tre figure principali:

- Scrum Master – guida le persone nella comprensione delle Scrum stesso, spiegando ed “esaltando” i valori che può portare

- Product Owner – si tratta del responsabile del valore del prodotto finale, e ha l’obiettivo di massimizzarlo
- Developer – sono coloro responsabili della pianificazione e della qualità apportata

Nel mondo di Scrum, c'è un insieme di pratiche e eventi fondamentali che guidano il lavoro e consentono di ottenere risultati con successo. Gli eventi Scrum sono come tappe obbligate che ci permettono di esaminare il nostro lavoro e adattarlo di conseguenza.

Lo Sprint può essere visto come il periodo di tempo in cui ci si concentra al massimo per raggiungere un obiettivo specifico, il “Product Goal”.

Durante uno Sprint, la priorità è mantenere la rotta e evitare cambiamenti che potrebbero distrarre o compromettere l’obiettivo, assicurandosi sempre di mantenere alta la qualità del lavoro.

Si può poi parlare di “Sprint Planning” e “Daily Scrum”: il planning può essere paragonato al momento in cui una persona pianificare un viaggio, decide quali strade prendere e cosa portare; il secondo evento citato, invece, è una sorta di riunione giornaliera utile a mostrare dove si è arrivati in un certo periodo, correggendo eventualmente le scelte e la pianificazione futura se ritenuto necessario.

Una volta completato lo Sprint, si passa alla “Sprint Review” e alla “Sprint Retrospective” in cui si riguardano gli eventi susseguisti e si cerca di capire cosa è stato fatto, quali sono stati gli errori e cosa può essere migliorato, cercando modi per incrementare la qualità e l’efficacia.

Infine è possibile citare gli artefatti Scrum, ovvero strumenti progettati per massimizzare la trasparenza di informazioni chiave.

Sono tre:

- Product Backlog, associato al *Product goal*
- Sprint Backlog, associato allo *Sprint goal*
- Increment, associato alla *Definition of Done*

Ognuno di questi, quindi, rappresenta una parte del lavoro o dell'obiettivo

In conclusione Scrum è più di un modo di lavorare, è una mentalità che aiuta a essere trasparenti, collaborativi e sempre in miglioramento.

È quindi paragonabile ad una road map che porta un progetto e un team verso il successo e il raggiungimento di un obiettivo prefissato.

## **Systems engineering**

Nel corso della tesi si parlerà di progetti del mondo dell'aerospazio, legati però al concetto di ingegneria (e quindi progetti ingegneristici). Per questo si ritiene utile introdurre il concetto di ingegneria dei sistemi e specificare che cos'è un sistema.

L'ingegneria dei sistemi (SE) è un approccio pratico e interdisciplinare che si adatta ai problemi specifici di ogni settore: si occupa di progettare, integrare e gestire sistemi complessi durante tutto il loro ciclo di vita. Gli ingegneri dei sistemi utilizzano processi e metodi che si sono evoluti per catturare la conoscenza degli esperti e applicare SE in modo efficace.

Un concetto è una rappresentazione mentale condivisa attraverso parole o altri media. I concetti fondamentali dell'ingegneria dei sistemi servono come elementi mentali di base che supportano i principi, come la miscelazione di colori per ottenere un risultato prevedibile.

Le euristiche, apprese dall'esperienza pratica, forniscono guide operative ma mancano di una spiegazione scientifica. Queste osservazioni iniziali spingono alla ricerca scientifica. La scienza dei sistemi mira a fornire basi teoriche per i principi dell'ingegneria dei sistemi.

Il termine "sistema" ha molte interpretazioni, con sette visioni distinte trovate tra esperti di ingegneria dei sistemi. Le visioni spaziano dal costruttivismo (sistemi come costrutti mentali) al realismo estremo (sistemi esistenti nel mondo reale). Una sintesi di queste visioni potrebbe migliorare la comprensione dei sistemi.

I sistemi possono essere aperti o chiusi, con i sistemi aperti che interagiscono con l'ambiente circostante. Le classificazioni dei sistemi sono basate sul tipo di elementi o sullo scopo. Un

sistema ingegnerizzato combina tecnologia e persone in vari contesti, richiedendo un approccio sistemico per gestire problemi e opportunità.

Due concetti chiave, la complessità e l'emergenza, rappresentano sfide che richiedono il pensiero sistemico. La scienza dei sistemi fornisce una comprensione dettagliata dei fenomeni sistemici, essenziale per l'ingegneria dei sistemi.

Gli aspetti chiave dell'ingegneria dei sistemi sono:

- **Interdisciplinarietà:** coinvolge discipline ingegneristiche e non, e richiede conoscenza in diversi settori come meccanica, informatica, gestione dei progetti ed economia.
- **Progettazione e integrazione:** si tratta di progettare e integrare tutte le componenti del sistema di modo che lavorino in modo armonioso tra loro
- **Ciclo di vita del sistema:** considera tutte le fasi del ciclo di vita del sistema, dalla concezione iniziale alla dismissione e smaltimento
- **Gestione della complessità:** attraverso strumenti e metodologie si cerca principalmente di gestire le interazioni e le interdipendenze tra le varie componenti del sistema
- **Approccio sistemico:** si considera il sistema nel suo insieme senza focalizzarsi sul singolo componente per comprendere e risolvere i problemi
- **Verifica e validazione:** attraverso test e requisiti si cerca di capire se il sistema soddisfa i requisiti

## Life cycle

Il termine “life cycle” è un termine che l'ingegneria ha rubato alla natura. Facendo un'analogia tra un progetto e un organismo naturale, infatti, possiamo osservare che entrambi hanno delle caratteristiche in comune rispetto alla loro vita utile. Tutti e due i concetti prevedono un momento di inizio/nascita e uno di fine/morte, e hanno a che fare con delle relazioni che prevedono il coinvolgimento di altri organismi e stakeholders in generale.

In ingegneria questo concetto è utilizzato principalmente per descrivere la vita completa di un'istanza di un sistema di interesse (SoI): la gestione combinata di più istanze del SoI permettono il soddisfacimento delle richieste degli stakeholders attraverso lo sviluppo di nuove capacità. Questi modelli del ciclo di vita sono spesso implementati nei progetti di sviluppo e sono particolarmente allineati alle fasi di gestione dello stesso, rappresentando le varie fasi che un SoI attraversa dal momento della sua nascita a quello del suo ritiro.

È possibile distinguere due concetti diversi quando si parla di processo del ciclo di vita:

1. **Life cycle process iteration:** spesso sussiste una correlazione tra il rilevamento di un problema/opportunità e la definizione di una soluzione.

Le fasi del ciclo di vita come ad esempio definizione dei requisiti, la progettazione, lo sviluppo, la verifica e la manutenzione vengono ripetute più volte per garantire un miglior adattamento alle esigenze degli stakeholders; in questo modo infatti è possibile raccogliere feedback, affrontare problemi emergenti e adattarsi ai cambiamenti.

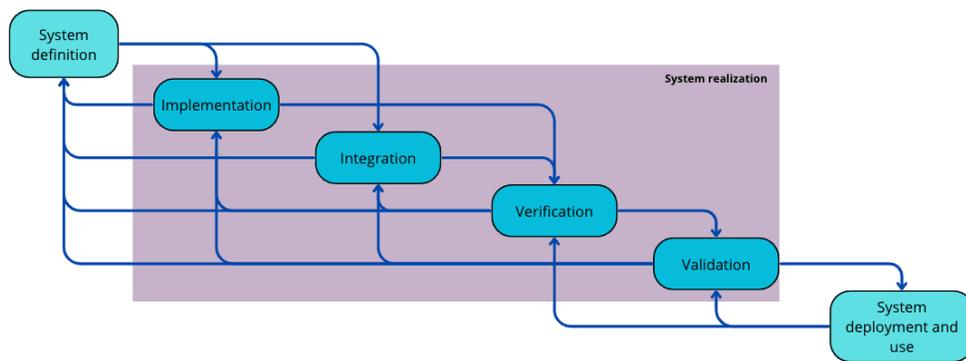


Figura 2: System realization

2. **Life cycle process recursion:** in questo caso il SoI viene scomposto in sotto-sistemi e si applica il processo di ricorsione a ognuno di essi. Si tratta quindi di considerare il ciclo di vita delle componenti del sistema a diversi livelli di dettaglio, e implementare l'applicazione ripetuta dello stesso a questi livelli. La differenza principale con il processo iterativo la si ha proprio in questa sotto suddivisione del SoI.

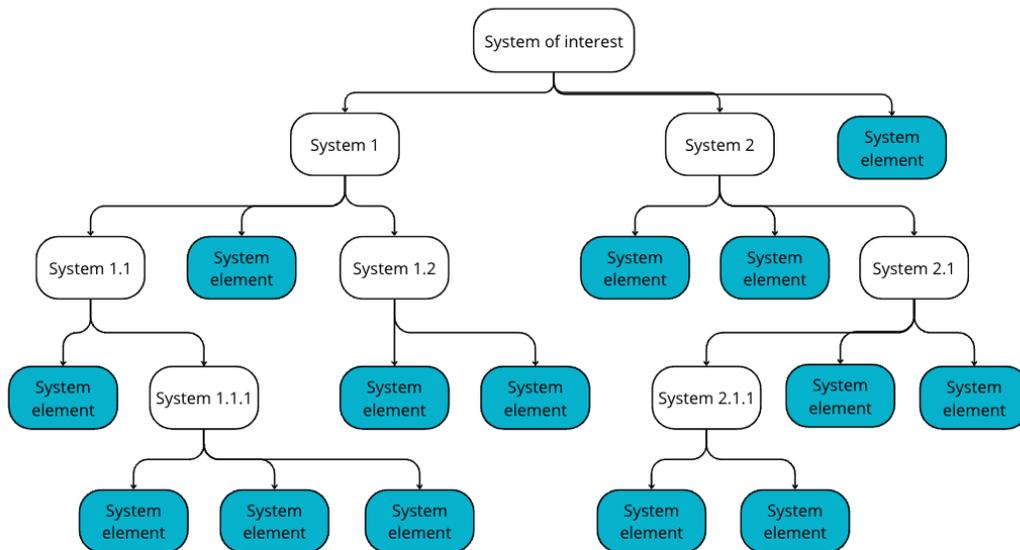


Figura 3: Hierarchical Decomposition of a System-of-Interest (Faisandier 2012)

## Stato dell'arte, punti di miglioramento e obiettivo della tesi

Lo stato dell'arte attuale rivela che l'adozione di Scrum può portare a miglioramenti significativi. Questo è vero soprattutto in termini di gestione del tempo, allocazione delle risorse e flessibilità alle variazioni di mercato, pur evidenziando alcune sfide rilevanti come per il caso del co-sviluppo di software e hardware.

La gestione dei sistemi aerospaziali negli ultimi anni si è basata principalmente su metodologie a cascata (waterfall) e lean manufacturing. Questi approcci hanno dimostrato efficacia nell'ottimizzazione dei flussi produttivi e nella riduzione dei costi operativi.

Essi presentano tuttavia alcune limitazioni significative: ad esempio non sono particolarmente adatti a contesti di elevata complessità ed incertezza, e quindi dove è necessario un adattamento rapido. I contratti rigidi, la gestione multidisciplinare, la necessità di una comunicazione efficace e la resistenza al cambiamento culturale sono problemi ricorrenti che queste metodologie tradizionali non riescono a risolvere completamente.

Per quanto Scrum sarebbe in grado di rispondere a queste sfide, la sua applicazione in progetti aerospaziali è ancora limitata. Il framework, infatti, riuscirebbe a trovare soluzioni alle problematiche discusse sopra attraverso l'implementazione di cicli di pianificazione, esecuzione e revisione che favorirebbero l'adattabilità e il miglioramento continuo.

Le principali difficoltà e limiti, invece, hanno a che fare con l'orientamento principalmente a progetti software del framework stesso e nella difficoltà di adattare questa metodologia a progetti che coinvolgono una forte componente hardware.

Gli obiettivi principali della tesi sono analizzare l'implementazione di Scrum in progetti aerospaziali e valutare i pro e i contro delle metodologie agili rispetto a quelle tradizionali. Si cercherà inoltre di identificare alcune opportunità di miglioramento proponendo adattamenti teorici e pratici.

# Analisi della letteratura

## Titolo

Analisi sistematica dell'implementazione della metodologia Scrum in progetti aerospaziali

## Abstract

**Background-** La seguente analisi della letteratura mira ad analizzare l'applicazione della metodologia "Scrum" all'interno di contesti aerospaziali. Nello specifico si condurrà un'analisi in ambito "gestione dei progetti" di questo settore per capire se la complessità dei prodotti e processi che si presentano stiano portando all'adozione di metodologie più agili, e quindi se la prospettiva è quella di abbandonare la più comune gestione "waterfall". L'analisi vuole quindi cogliere pro e contro delle metodologie attualmente in uso per capire il potenziale di miglioramento e se "Scrum" possa essere la soluzione adatta.

**Metodi-** Nella revisione sono stati inclusi unicamente documenti in lingua inglese, selezionati sulla base della tipologia "article" e "review". Sono stati esclusi gli articoli che non avevano a che fare con il "project management" e che non trattassero di problemi e progetti ingegneristici.

Le principali fonti di informazione sono stati i tre database "Scopus", "Pico PoliTo" e "Taylor & Francis Online"; per la ricerca sono stati usati termini come "agile" e "aerospace" legati da operatori logici.

La valutazione del rischio di bias, invece, è stata condotta grazie all'utilizzo del software "Mendeley Reference Manager".

**Risultati-** Nella review sono stati inclusi 18 studi che riguardavano principalmente l'applicazione di metodologie "agile" e "lean". L'applicazione di "Scrum" in progetti aerospaziali risulta ancora limitata, ma è stato evidenziato possa portare a significativi vantaggi in termini di risparmio di tempo, migliore allocazione delle risorse e maggiore flessibilità alle variazioni esterne del mercato; le metodologie "lean", invece, sono più diffuse e presentano benefici consolidati, soprattutto per quanto riguarda la gestione dei processi produttivi.

**Discussione-** Oltre ai benefici sopra descritti, ci sono tuttavia alcune sfide da tenere in considerazione: il co-sviluppo di parti software e hardware, ad esempio, possono limitare l'efficacia del framework stesso.

Alcune limitazioni degli studi potrebbe essere la mancanza di dati quantitativi che validino quanto affermato, e la presenza di un solo revisore e quindi di alcuni errori di valutazioni non verificati

**Altro-** Gli studi futuri dovrebbero, per quanto detto, concentrarsi su come adattare maggiormente "Scrum" in contesti hardware, oltre a valutare l'impatto finanziario della transizione da metodologie "lean" a una gestione "agile".

## **Introduzione**

### **- Razionale**

La literature review risulta utile per capire ad oggi a che punto è l'implementazione di metodologie agili e in particolare "Scrum", relative all'ambito del project management in progetti aerospaziali.

Si vuole infatti analizzare quali sono le altre metodologie di gestione dei progetti in uso oggi, quali possono essere i pro e i contro di metodi agili e anche se vi è un'effettiva necessità dell'utilizzo di questi ultimi data la natura standard dei progetti di questo ambito, specialmente per quanto riguarda la parte hardware dei velivoli e degli elicotteri.

### **- Obiettivi**

La revisione ha l'obiettivo di comprendere l'utilità di "Scrum" in ambito aerospaziale, analizzando eventuali risultati già raggiunti o eventuali fallimenti nell'implementazione e analizzandone le cause

### **Modello P.I.C.O.**

- *Population:*

Team di management riguardanti la gestione di progetti in ambito aerospaziale, soprattutto per quanto riguarda velivoli ed elicotteri

- *Intervention:*  
Implementazione di “Scrum” come framework guida delle attività di project management
- *Comparator:*  
Utilizzo di metodologie di project management tradizionali (come ad esempio il metodo “waterfall”)
- *Outcome:*  
Miglioramento delle prestazioni del progetto, riduzione del time to market, ottenere maggiore flessibilità alle esigenze del mercato, riduzione dei costi di sviluppo, ottenere maggiore qualità del prodotto finale

## Metodi

### - Criteri di eleggibilità

Sono stati presi in considerazione solamente documenti appartenenti alla tipologia “review” e “article”.

Ulteriore criterio di eleggibilità riguardava l’argomento che questi documenti trattavano, e in particolare è stato ritenuto utile includere nella ricerca argomenti di tipo ingegneristico.

A questo punto sono stati esclusi tutti i documenti scritti in lingua cinese, giapponese e spagnolo, procedendo quindi con l’analisi di soli documenti inglesi.

Per quanto riguarda una limitazione temporale dell’anno di pubblicazione degli articoli, non sono state introdotte limitazioni specifiche in quanto la metodologia “agile” ha iniziato a essere usata dal 2001, e quindi tutti i documenti esistenti che includevano questi aspetti non potevano essere molto più datati quest’anno (ritenuto di per se un buon “backward look” per l’analisi in oggetto).

### - Fonti di informazioni

Il database principalmente utilizzato per la ricerca di informazioni è stato “Scopus”, creato nel 2004 dalla casa editrice Elsevier.

Tuttavia su questo database non sempre è stato possibile ottenere il testo completo del documento che si voleva analizzare; per questo motivo sono stati utilizzati ulteriori tools

di ricerca come “Pico Polito” e “Taylor & Francis Online”, il cui accesso è stato reso possibile grazie all’account accademico del Politecnico di Torino.

Sono inoltre stati contattati alcuni studenti del dipartimento di ingegneria aerospaziale come supporto per la comprensione di alcuni aspetti emersi dalla review.

Le ricerche sono state concluse nel mese di Aprile 2024.

#### - **Strategia di ricerca**

La ricerca su “Scopus” è stata inizialmente condotta utilizzando parole chiave legate tra di loro secondo l’operatore logico “AND”.

In particolare dopo diversi tentativi di accorpamento delle keyword ritenute più idonee, la principale stringa utilizzata è stata – “agile” AND “aerospace” – : essa è risultata la più inclusiva per quanto riguarda i temi su cui ricercare. Sebbene il tema della seguente review sistematica riguardi più specificatamente la metodologia “Scrum”, inserendo quest’ultima tra le parole chiave si otteneva come output un numero di documenti da analizzare troppo basso e ritenuto non significativo.

Come anticipato, inoltre, non sono state imposte limitazioni per quanto riguarda la data di pubblicazione dell’articolo, mentre sono state imposte per quanto riguarda la lingua.

#### - **Processo di selezione**

Nel processo di selezione dei documenti da portare avanti nell’analisi non sono stati utilizzati algoritmi, software o strumenti di automazione in genere. La selezione è stata svolta da un solo revisore: dopo aver utilizzato alcuni filtri preimpostati del database si è iniziato ad analizzare l’abstract e l’argomento generale del documento; in questo modo si è potuta avere una prima idea per capire se l’argomento fosse effettivamente d’interesse per la ricerca oppure se fosse da scartare.

Relativamente a questo aspetto è necessario segnalare che alcuni documenti sono stati scartati in quanto seppur riportavano come argomento “agile in progetti aerospaziali”, in realtà quella tipologia di “agile” trattata non ha nulla a che vedere con il project management, ma è riferita a un progetto finanziato nell’ambito di Horizon 2020 (H2020).

- **Processo di raccolta dati**

Ciascun documento è stato revisionato e analizzato individualmente da un solo revisore. Non sono stati utilizzati software o programmi preimpostati per l'analisi dei documenti o delle immagini presenti.

Per una migliore comprensione di alcune parti sottoposte ad analisi, sono stati utilizzati dei siti di traduzione linguista per convertire parti di testi da inglese a italiano; il principale strumento utilizzato per questo scopo è stato un chatbot basato su intelligenza artificiale, sviluppato da Open AI e specializzato nella conversazione con un utente umano.

Qualora, inoltre, si fossero identificate delle informazioni poco chiare o ritenute oggetto di approfondimento, sono state condotte ulteriori ricerche utilizzando "Safari" come principale browser web.

- **Data items (esiti)**

I risultati finali dell'analisi riguardano principalmente diverse metodologie di gestione (agile e non) utilizzate in progetti aerospaziali.

Principalmente si è osservato quali fossero le problematiche o i benefici legati a ciascuna metodologia applicata; in particolar modo le diverse metodologie sono state osservate e studiate a confronto con "Scrum" (oggetto principale della ricerca), per capire se quest'ultima potesse essere consona e portare benefici alla gestione di progetti dell'ambito in esame.

Ciò che si può evincere dall'analisi di questi risultati è che "Scrum" è una tipologia di project management relativamente "giovane" e quindi non è ancora applicata in larga scala a progetti aerospaziali. Tuttavia, i risultati ottenuti finora dalla sua applicazione risultano aver portato una migliore gestione dei costi e dei tempi, e possono quindi essere considerati positivamente.

- **Valutazione del rischio di bias dello studio**

L'analisi è stata svolta a partire da database scientifici, in cui sono contenuti documenti accademici. Per questo motivo il lavoro del revisore è stato principalmente quello di analizzare questi documenti e trarne delle conclusioni oggettive sulla base di quanto

scritto. In questo modo, quindi, si ritiene che il rischio di bias da parte di chi legge e analizza il documento non si possa presentare.

Sempre a riguardo di ciò, comunque, durante il “sum up” delle conclusioni il revisore ha prestato particolare attenzione nell’evitare giudizi personali riguardo l’applicazione di “Scrum” per non condizionare l’analisi con la propria emotività.

- **Misure di sintesi (criteri di eleggibilità)**

Per quanto riguarda l’eleggibilità dei documenti, dopo aver applicato i “macro filtri” così da ottenere documenti in lingua inglese e pertinenti all’area di interesse a cui era rivolta l’analisi della letteratura, sono stati letti singolarmente gli articoli selezionati idonei. A questo punto è stata valutata l’effettiva pertinenza con l’argomento d’interesse, e quindi è stato valutato se quanto riportato nel documento potesse principalmente fornire informazioni a riguardo dell’applicazione della metodologia “Scrum” in progetti aerospaziali, e soprattutto se venivano fornite informazioni riguardanti l’effetto di questa sulla gestione del progetto (quindi se avesse portato una gestione migliore o peggiore dello stesso) e le motivazioni.

Diversamente sono stati considerati “eleggibili” anche quei documenti che seppur non parlavano dell’applicazione specifica di “Scrum”, comunque fornivano nozioni riguardo altre metodologie utilizzate per una gestione agile in progetti dello stesso ambito; in particolare se fornivano motivazioni per cui quelle metodologie potevano esser considerate positive o negative, perché erano state adottate, ecc.

- **Misure di sintesi (preparazione per la sintesi)**

I documenti ritenuti “eleggibili” sono stati inseriti nel software “Mendeley Reference Manager” e letti singolarmente per intero.

Durante la lettura, utilizzando la funzione “annotations” del software, è stato possibile prendere alcuni appunti e segnare alcune note direttamente sulle pagine del documento, così da poter evidenziare i concetti ritenuti degni di approfondimento o di citazione per rispondere alla domanda di ricerca. Questa operazione è stata fatta per riuscire ad avere dei punti di ancoraggio utili a riassumere i concetti chiave della ricerca.

Direttamente sul software, inoltre, è stato possibile creare due sezioni le quali hanno

aiutato a suddividere i documenti tra quelli che risultavano effettivamente di interesse per la ricerca che si stava conducendo e quelli che invece risultavano avere informazioni non consone.

- **Misure di sintesi (metodi tabellari e grafici)**

Successivamente sono stati organizzati dei fogli Excel: i vari documenti sono stati numerati e inseriti in ordine in delle tabelle;

la procedura di analisi ha fatto sì che venissero create alcune colonne in cui, in modo schematico, venissero riassunti ed elencati i punti chiave utili alla creazione di alcuni grafici riassuntivi (*Figura 6 e Figura 7*).

In particolare sono state create le seguenti colonne:

- **“metodo utilizzato”** -> è stato riportato, dove specificato, il metodo di gestione del progetto aerospaziale utilizzato (agile, Scrum, lean, ecc.)
- **“note”** -> sono stati riportati alcuni punti utili per accomunare i documenti e capire se ci fossero dei temi comuni: ad esempio è stato riscontrato che più di un documento parlava della necessità di un miglioramento della gestione per quanto riguarda la fase di progettazione e design del velivolo.
- **“risultati che ha portato agile”** -> essendo la domanda di ricerca rivolta all'utilizzo delle metodologie agili, e in particolare al framework “Scrum”, in questa sezione sono stati riportati i risultati (positivi o negativi) dei progetti che hanno utilizzato tecniche di gestione di questo tipo, ed eventualmente in quale ambito della gestione li hanno riscontrati.

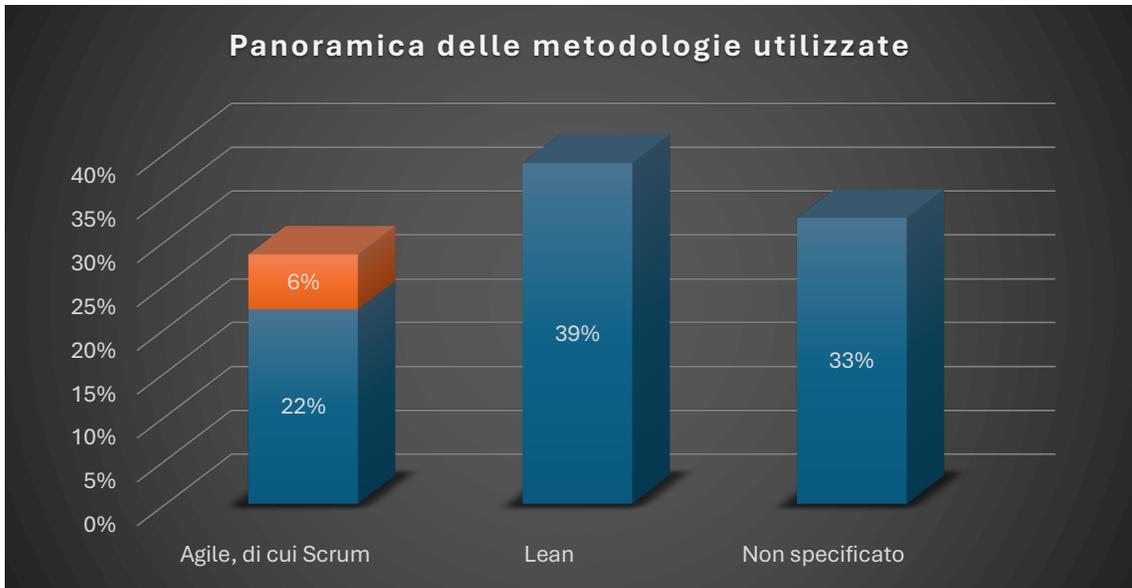


Figura 4: Metodologie usate

Nel grafico vi è un inquadramento generale tra tutti i documenti analizzati, per capire quanti di questi non analizzano un metodo specifico e quanti, tra quelli che lo fanno, analizzano metodi agili o lean

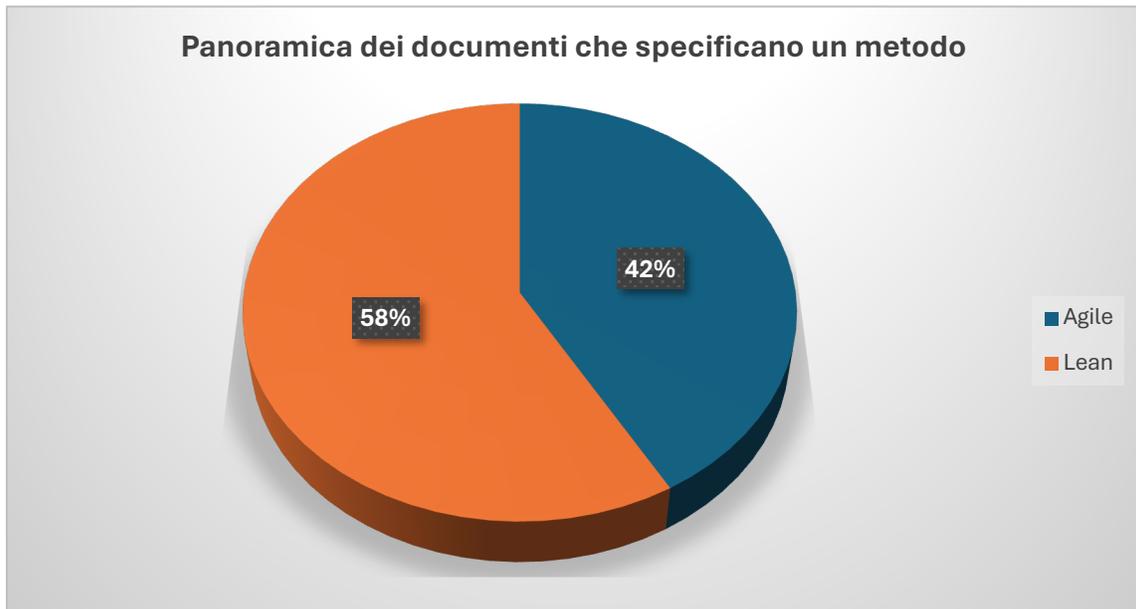


Figura 5: Overview metodi specificati

Nel grafico vi è una specifica in % di quanti, tra i documenti analizzati, riportano l'utilizzo di metodologie agili e di quanti lean

- **Misure di sintesi (metodi di sintesi statistica)**

Sempre mediante l'utilizzo di Excel sono stati calcolati degli indici, come anticipato, per capire se le metodologie agili per progetti aerospaziali e il loro utilizzo fosse già diffuso, oppure se venisse ancora percepito come un ambito nuovo.

È stata inoltre verificata quale fosse la percentuale di progetti gestiti con tecniche agili, che utilizzasse effettivamente un framework di tipo "Scrum" per indagare appunto sulla domanda di ricerca.

Altre statistiche sono invece state calcolate per avere una panoramica più chiara relativamente ai risultati che le metodologie agili hanno portato relativamente ai paper analizzati, e quindi per osservare meglio in quali ambiti della gestione sono stati evidenziati dei miglioramenti.

- **Valutazione del bias di segnalazione**

Per la valutazione del bias da parte dei paper è stato utilizzato lo stesso software utilizzato nell'analisi dei documenti "Mendeley Reference Manager", oltre che alla creazione di alcune tabelle per valutare in modo più schematico gli argomenti trattati e fare un confronto più rapido tra i documenti. Nello specifico sono stati analizzati i risultati riportati dagli articoli ed è stato valutato se potesse esserci coinvolgimento emotivo da parte di chi ha provveduto alla stesura.

In generale è stato riscontrato un possibile rischio di bias in quanto la maggior parte dei documenti riportano un feedback positivo da parte dell'applicazione di metodologie "agile" in progetti aerospaziali, senza però riportare particolari dati quantitativi a prova di questo. Tuttavia i risultati sono comunque ritenuti validi in quanto sono effettivamente in linea con i miglioramenti che metodi di questo tipo dovrebbero portare a livello teorico, e non si hanno dati a prova del fatto che questi siano condizionati dalla soggettività di chi ha svolto le analisi.

- **Valutazione della certezza**

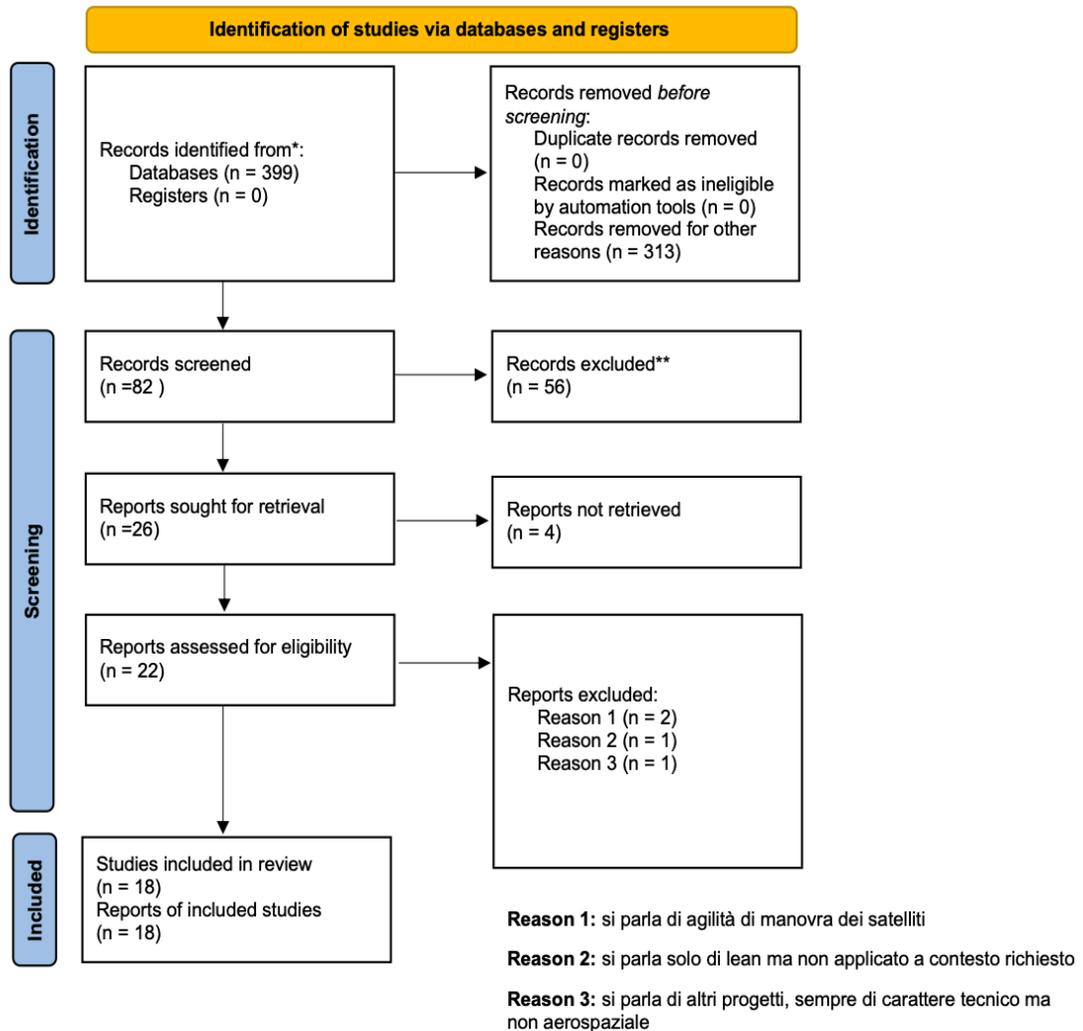
Per verificare ulteriormente che le informazioni riportate negli articoli fossero certe e corrette, è stato innanzitutto valutata la coerenza di quanto scritto con i principi base delle metodologie agili; questo è stato utile per affermare con certezza che i risultati apportati

fossero quanto meno in linea con l'idea del metodo di cui si parlava. Successivamente sono state verificate le fonti degli articoli presi in considerazione ed è stato valutato se potessero essere sufficientemente affidabili e scientifici, e quindi valutare il possibile livello di bias.

# Risultati

## - Selezione degli studi (flusso degli studi)

PRISMA 2020 flow diagram for new systematic reviews which included searches of databases and registers only



Consider, if feasible to do so, reporting the number of records identified from each database or register searched (rather than the total number across all databases/registers).

\*\*If automation tools were used, indicate how many records were excluded by a human and how many were excluded by automation tools.

From: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71

Figura 6: Prisma 2020 flow diagram

## - Selezione degli studi (studi esclusi)

Gli studi che sono stati esclusi dalla review sono i seguenti:

1. *“Near minimum-time feedback attitude control with multiple saturation constraints for agile satellites”*<sup>1</sup>: da una prima analisi il documento sembrava pertinente con la domanda di ricerca. Approfondendo l’analisi, però, si è capito che la tipologia di “agile” di cui si parlava non era riferita a un tipo di progettazione bensì all’abilità di manovra dei satelliti durante il loro movimento.
2. *“Implementing Lean Manufacturing Techniques to Achieve Six Sigma”* (n.d.): il report riporta i principi della progettazione lean, ma non parla di una specifica applicazione in contesti aerospaziali.
3. *“Shipbuilding supply chain integration project”*<sup>3</sup>: in questo caso, invece, è errato il tipo di progetto trattato e l’ambito; si parla infatti di un progetto navale.
4. *“Missile longitudinal dynamics control design using pole placement and LQR methods – A critical analysis”*<sup>4</sup>: come per il documento sopra, l’analisi riporta che l’agile di cui si parla si riferisce alle manovre dei missili e non a un tipo di gestione dei progetti.

## - Caratteristiche degli studi

Gli studi inclusi nella review sono i seguenti:

1. *“28th DASC : Digital Avionics Systems Conference : modernization of avionics and ATM-perspectives from the air and ground : proceedings : the Florida Hotel and Conference Center, Orlando, Florida, October 25-29, 2009.”*<sup>5</sup>
2. *“A proper framework for design of aircraft production system based on lean manufacturing principles focusing to automated processes”*<sup>6</sup>
3. *“Agile for Aerospace”*<sup>7</sup>
4. *“Agile methodologies applied to Integrated Concurrent Engineering for spacecraft design”*<sup>8</sup>
5. *“An investigation into the application of agile manufacturing in an aerospace company”*<sup>9</sup>
6. *“Application of agile model-based systems engineering in aircraft conceptual design”*<sup>10</sup>

7. *“Collaborative Architecture supporting the next generation of MDAO within the AGILE paradigm”*<sup>11</sup>
8. *“Development and application of lean product development performance measurement tool”*<sup>12</sup>
9. *“Development of integrated rotorcraft design and virtual manufacturing framework”*<sup>13</sup>
10. *“Improving air and space safety through enhanced coordination with the SpaceTracks Suite microservice architecture”*<sup>14</sup>
11. *“Integration aspects of the collaborative aero-structural design of an unmanned aerial vehicle”*<sup>15</sup>
12. *“Knowledge architecture supporting the next generation of MDO in the AGILE paradigm”*<sup>16</sup>
13. *“Performance and Evaluation of Manufacturing Systems”*<sup>17</sup>
14. *“Quantitative modelling approaches for lean manufacturing under uncertainty”*<sup>18</sup>
15. *“The Application Of Lean Principles To In-Service Support: A Comparison Between Construction And The Aerospace And Defence Sectors”*<sup>19</sup>
16. *“The role of Lean at the interface with between operations management and applied services within a large aerospace organisation: a boundary spanning perspective”*<sup>20</sup>
17. *“The roles of communication process for an effective lean manufacturing implementation”*<sup>21</sup>
18. *“Winning ways for manufacturing”*<sup>22</sup>

Tabella 1: Metodologie di gestione adottate

<b>Documento</b>	<b>Metodologia di gestione progetti adottata</b>	<b>Argomento trattato</b>	<b>Note rilevanti</b>
1	Non specificato	Confronto metodologia agile e “waterfall” nello sviluppo software aerospaziale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La metodologia agile, rispetto alla “waterfall”, può portare a una riduzione dei costi fino al 70%;</li> <li>• Sviluppo software estremamente vincolato a sviluppo hardware: questo può portare tempistiche di test della parte software su hardware molto dilatati, non adatti a gestioni cicliche come quelle agile</li> </ul>
2	Lean	Processi produttivi aerospaziali, con particolare focus sull’automazione	
3	Non specificato	Confronto metodologia agile e	

		waterfall nello sviluppo software aerospaziale	
4	Agile	Utilizzo della metodologia agile insieme al “concurrent engineering”. Applicazione analizzata in ambito di design del velivolo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribuzione più appropriata dei compiti</li> <li>• Allocazione delle risorse più efficiente</li> <li>• Ciclo di miglioramento continuo</li> <li>• Difficoltà di applicazione di “scrum” in settori aerospaziali</li> <li>• Problemi di sviluppo software e hardware in simultanea: tempistiche troppo dilatate per applicare gestione ciclica prevista da metodi agile</li> </ul>
5	Agile	Caso studio compagnia aerospaziale “GEC-Marconi Aerospace”:	L’applicazione di metodologia agile permette all’azienda di rimanere

		applicazione metodologia di gestione agile e discussione dei risultati ottenuti	competitiva sul mercato
6	Agile	Applicazione metodologia agile in ambito di design del velivolo	Miglioramento delle fasi iniziali del processo di design
7	Non specificato	Il documento riporta in generale accenni ad alcuni aspetti della “gestione agile” come il lavorare in team, il fatto di lavorare su più tasks in parallelo e quindi il tema della multi-organizzazione; in particolare sottolinea che questi aspetti possono riscontrare delle criticità ad esempio dovute alla comunicazione e alla multi-culturalità che si può avere in un team, oltre al fatto che la multi-organizzazione	

		può portare ad una maggiore complessità del progetto	
<b>8</b>	Lean	Introduzione a uno strumento creato per valutare l'efficacia delle "lean methodologies", con conseguente applicazione ad un progetto aerospaziale	
<b>9</b>	Non specificato	Ulteriore richiesta di miglioramento delle procedure di gestione per quanto riguarda il design di velivoli	
<b>10</b>	Scrum	Utilizzo di Scrum e Twin Peaks per la gestione dei rischi e le incertezze associati a requisiti e architettura per quanto riguarda operazioni spaziali come ad esempio lanci e rientri di veicoli spaziali	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Migliore supporto del team di sviluppo software</li> <li>• Migliore adattabilità del prodotto alle perturbazioni del mercato</li> </ul>
<b>11</b>	Non specificato	Il documento ribadisce l'importanza	

		di avere una migliore gestione nelle fasi di design dei velivoli, in particolare facendo riferimento ad alcuni elementi della gestione agile	
<b>12</b>	Non specificato	Il documento sottolinea l'importanza di migliorare la gestione durante la fase di design dei velivoli	
<b>13</b>	Non specificato	Sottolinea come il tema di una gestione agile sia di crescente importanza nel settore dei progetti aerospaziali	
<b>14</b>	Lean	Spiega la "lean manufacturing" applicati in progetti di diversi settori, tra cui quello aerospaziale	
<b>15</b>	Lean	Specifica come la gestione "lean" sia stata applicata con successo a operazioni	

		<p>di post-vendita e di servizio in ambito aerospaziale.</p> <p>Sottolinea l'importanza dell'affiancamento dei metodi di gestione dei progetti a norme contrattuali e un'adeguata gestione delle relazioni</p>	
<b>16</b>	Lean	<p>Applicazione "lean methodologies" all'interfaccia tra gestione di operazioni e servizi applicati</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ritardi nelle tempistiche</li> <li>• Risorse mal impiegate</li> </ul>
<b>17</b>	Lean	<p>Sottolinea l'importanza di un processo comunicativo efficace che coinvolga tutti i livelli di organizzazione</p>	
<b>18</b>	Agile	<p>Discussione dei benefici che le tecniche di gestione agile possono portare</p>	<p>Impatto positivo sui costi</p>

		in contesti manifatturieri	
--	--	-------------------------------	--

Di seguito una tabella di confronto “Pros e Cons” tra l’applicazione di metodi “agile” e “lean”:

Tabella 2: Pros e Cons

<b>Documento</b>	<b>Metodologia di gestione progetti adottata</b>	<b>Pros</b>	<b>Cons</b>
2	Lean	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento dell’attrattività e competitività delle aziende produttrici di aeromobili</li> <li>• Ottimizzazione dei flussi produttivi e di gestione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difficoltà identificare sprechi da eliminare per migliorare il processo produttivo</li> </ul>
4	Agile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento dell’ottimizzazione: allocazione risorse migliore e riduzione tempi sviluppo</li> <li>• Maggiore flessibilità e adattamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lato software dipendente da sviluppo hardware-&gt; potrebbe portare a ritardi complessivi</li> <li>• Possibili difficoltà all’applicazione dei metodi “agile” in progetti non software</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Miglioramento della comunicazione</li> </ul>	
5	Agile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maggiore flessibilità che porta a maggiore attrattività e competitività</li> <li>• Riduzione dei tempi di sviluppo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si rischia di aggiungere livelli gerarchici, aumentando la complessità comunicativa</li> <li>• Spesso difficoltà nell'implementazione di nuove tecnologie e sistemi informativi</li> </ul>
6	Agile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Miglioramento del processo di progettazione degli aeromobili</li> <li>• Possibilità di sfruttare il cambiamento del mercato per ottenere vantaggio competitivo</li> <li>• Miglioramento continuo grazie alle iterazioni incrementali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanti dati da processare</li> </ul>
8	Lean	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilità di identificare punti di</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lo strumento di misurazione ha bisogno di essere</li> </ul>

		<p>forza e di debolezza del progetto</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Focalizzazione sul processo e non solo sui risultati</li> </ul>	<p>personalizzato per ogni azienda</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Complessità dello strumento</li> </ul>
10	Scrum	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flessibilità e adattabilità del progetto</li> <li>• Possibilità di revisione periodica del livello di avanzamento del progetto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La troppa flessibilità di Scrum potrebbe portare a cambiamenti troppo veloci che risulterebbero quindi difficili da gestire</li> <li>• Necessità di alta collaborazione e coordinazione</li> <li>• Richiesta sostanziosa di tempo e risorse che potrebbe risultare un problema nel caso di progetti a budget troppo basso e limitato</li> <li>• La rapidità di cambiamento che porta scrum potrebbe anche compromettere la qualità del progetto</li> </ul>
14	Lean	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminazione degli sprechi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitazioni nello sviluppo</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il settore aerospaziale è uno di quelli in cui le tecniche lean sono nate, e quindi potrebbe avere un particolare fitting<sup>[L]</sup><sub>[SEP]</sub></li> </ul>	
15	Lean	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riduzione dei costi</li> <li>• Gestione migliorata dei flussi</li> <li>• Team di progetto più integrati</li> <li>• Riduzione degli sprechi<sup>[L]</sup><sub>[SEP]</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistenza al cambiamento e difficoltà nelle relazioni</li> <li>• Necessità di contratti complessi</li> <li>• Coinvolgimento limitato del cliente</li> </ul>
16	Lean	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Migliore visibilità e collaborazione sul progetto</li> <li>• Riduzione tempi di ciclo</li> <li>• Riduzione degli sprechi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessaria formazione del personale</li> <li>• Necessaria familiarizzazione con la terminologia del lean manufacturing</li> </ul>
17	Lean	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Miglioramento della competitività</li> <li>• Riduzione degli sprechi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Attrito nella comunicazione e resistenza al cambiamento</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento del miglioramento continuo e quindi del grado di adozione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessità che i dipendenti siano ben addestrati</li> </ul>
18	Agile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento della produttività per dipendente</li> <li>• Dimezzamento tempi di consegna</li> <li>• Miglioramento della flessibilità e adattabilità</li> <li>• Ottimizzazione del design</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessità di formazione continua</li> <li>• Complessità di implementazione</li> </ul>

- **Rischio di bias negli studi**

Per quanto concerne il rischio di bias negli studi analizzati, è possibile distinguere soprattutto due tipologie di bias:

- Bias di selezione
- Bias di conferma

Nel primo caso il rischio è quello che vengano selezionati solo studi che riportano risultati positivi sull'applicazione dei metodi "agile". Questo può portare a una visione non equilibrata dei benefici e delle sfide nell'adozione di queste metodologie.

Il secondo caso, invece, potrebbe implicare che gli autori utilizzino i dati trovati per confermare le loro convinzioni preesistenti sull'applicazione di metodi "agile", e sull'efficacia degli stessi, rischiando quindi di sottovalutare o ignorare i dati che non supportano l'efficacia di una gestione agile.

Questi due rischi possono inoltre portare a un terzo che è il “Bias di comunicazione”: ovvero è anche possibile che gli autori siano portati, guidati dalle loro convinzioni, a pubblicare ed enfatizzare principalmente i risultati positivi tralasciando quindi gli aspetti negativi che potrebbero essere emersi.

Si può notare come questi valgano sia nel caso il documento tratti di metodologie “agile” sia di “lean manufacturing”.

## **Discussione**

### **- Interpretazione**

In generale dall’analisi dei documenti sopra citati risulta che la gestione del settore aeronautico attualmente risulta fortemente condizionato da metodologie di “lean manufacturing” e che non risulta esserci una necessaria propensione al cambiamento. Tuttavia, si può notare che diverse realtà aziendali hanno iniziato ad avvicinarsi a una gestione più agile ricavando anche importanti benefici: primo su tutti il fatto di essere più flessibili e reattivi nel caso di cambiamento del mercato. Si evidenzia inoltre che il mercato inizia a chiedere una migliore gestione del processo di design dei velivoli, e questo ad esempio potrebbe essere il prossimo ambito su cui poter implementare il framework “Scrum”.

Proprio relativamente a quest’ultimo, oggetto di domanda della tesi, risulta che solo il 6% dei “paper” analizzati porta il principio di “Scrum” all’interno di contesti aerospaziali. Non ci sono sufficienti evidenze per decretare una motivazione precisa per cui questa metodologia sia così poco presa in considerazione, ma facendo un discorso più ampio dai dati si capisce che ci sono alcuni attriti nell’adozione di queste metodologie a causa della loro natura di base e quindi al fatto che sono nate e progettate su misura per lo sviluppo software. Se andando avanti col tempo si riuscirà ad adattare queste procedure anche a progetti di aspetto più hardware, semplificando la comunicazione e la formazione per il team, allora potrebbe essere che le metodologie agili possano trovare un maggiore riscontro anche in questo settore.

### - **Limitazioni delle prove**

Alcune limitazioni delle prove incluse nella revisione potrebbero essere dovute al fatto che non si hanno riscontri numerici e oggettivi sulla bontà o meno dell'applicazione di queste metodologie a causa della loro reperibilità. Ad esempio sarebbe utile andare a confrontare i bilanci di un'azienda prima e dopo aver implementato il framework "Scrum" per la gestione dei propri progetti, e verificare se effettivamente aumentano i benefici economici.

O ancora, considerando che "Scrum" tiene molto in considerazione l'aspetto legato alle risorse umane e al team relativo a un certo progetto, potrebbe essere utile intervistare un gruppo di lavoratori prima e dopo l'implementazione di questa tipologia di gestione per capire se effettivamente percepiscono flussi di comunicazione più efficaci e una migliore reattività e risposta ai cambiamenti esterni.

### - **Limitazioni dei processi di revisione**

Alcune limitazioni del processo di revisione utilizzato possono essere:

- Presenza di un solo revisore: l'analisi è stata condotta da un solo revisore; pertanto, non avendo almeno un secondo controllo, potrebbe essere che alcune osservazioni riportate possano risultare imprecise.
- Bias del revisore: esiste la possibilità che il revisore fosse soggetto a bias durante l'analisi dei documenti, in quanto condizionato dalla domanda oggetto di analisi e quindi con la possibilità di favorire la metodologia "agile" più di quanto gli studi riportavano.

I documenti analizzati comunque sono risultati sufficientemente analitici, senza lasciare grande spazio di interpretazione; per questo motivo le limitazioni sopra citate potrebbero non aver avuto un impatto di significativa importanza sull'analisi.

### - **Implicazioni**

È stato evidenziato come le tecniche di gestione agile possono avere un notevole impatto positivo sulla gestione dei progetti. Per questo motivo, nelle operazioni di gestione future,

i professionisti potrebbero sempre più accogliere queste tecniche e validare quindi le ipotesi avanzate. Più in generale, gli studi futuri potrebbero concentrarsi sul come riuscire ad ottenere una più efficiente applicazione del framework “Scrum” in progetti hardware, cercando quindi di eliminare parte della dipendenza che ad oggi è ancora presente con l’ambito software. Si potrebbero inoltre condurre indagini più approfondite anche a livello finanziario, per capire se la conversione della gestione da “lean” ad “agile” possa convenire, ed eventualmente se solo per certe dimensioni di impresa o certe tipologie di progetti. Come anticipato, il “lean manufacturing” ad oggi risulta largamente diffuso tra i progetti aerospaziali e non sembrano esserci criticità particolarmente significative; uno studio finanziario relativamente al cambio di metodo, quindi, potrebbe portare a una valutazione più oggettiva sulla convenienza della transizione in sé.

Un’ulteriore implicazione riguarda la comunicazione all’interno del team: dall’analisi, infatti, risulta in modo evidente che per avere un processo di gestione efficiente è necessaria una buona comunicazione. Le imprese che intendono migliorare da questo punto di vista potrebbero, in prima battuta, prendere in considerazione un’analisi dei flussi di comunicazione.

# Discussioni

## Risultati

La tesi analizza l'applicazione di metodi di gestione agile in progetti aerospaziali.

Dall'analisi della letteratura risulta che ci sono alcune problematiche comuni tra i documenti analizzati; ovvero i diversi studi hanno sottolineato che la ricerca delle tematiche in analisi affronta alcune "lacune" specifiche inerente alla gestione dei progetti: queste si muovono da ambiti più astratti (come il design di un'architettura) ad ambiti più strutturati come la gestione della multidisciplinarietà quando si affronta un progetto.

Nello specifico i problemi comuni riscontrati sono i seguenti:

**P1. Contratti tradizionali e rigidità:** i contratti sono il punto di partenza per strutturare un progetto. Pertanto la rigidità contrattuale influenza tutte le altre aree

**P2. Complessità dei progetti e gestioni delle discipline multidisciplinari:** questa, invece, è una fase successiva ai contratti che richiede la coordinazione tra i vari team influenzando decisioni successive

**P3. Comunicazione e collaborazione:** in questo caso si discute della necessità di un processo di comunicazione efficace

**P4. Formazione e resistenza al cambiamento:** le problematiche affrontate con questo tema sono dovute a resistenza culturale e alle nuove metodologie, oltre alla necessità di formazione continua e sviluppo delle competenze multiple.

**P5. Documentazione e tracciabilità:** altre problematiche trattate nelle analisi sono invece dovute al sovraccarico documentale e ad alcuni requisiti di certificazione.

**P6. Ottimizzazione del design e modellazione:** questo è un problema riscontrato più volte relativo proprio alla gestione dei progetti che riguarda il design di un nuovo velivolo o satellite

**P7. Interdipendenza tra HW e SW:** in questo ultimo caso, invece, si vogliono far emergere alcune problematiche dovute alla natura dei metodi agili, i quali sono disegnati maggiormente per applicazioni software e riscontrano alcune problematiche quando si cerca applicazione in ambito hardware.

Nella tabella seguente è presente un confronto tra i documenti inclusi negli studi e i problemi sopra citati, ed è quindi possibile osservare quali studi hanno riscontrato una certa problematica (l'id degli studi fa riferimento all'ordinamento presente nel capitolo dell'analisi della letteratura).

Tabella 3: Confronto problematiche riscontrate

ID doc	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
1	X	X		X	X		X
2			X				
3	X				X		
4	X	X			X		X
5	X	X			X		X
6		X					
7		X	X				
8					X		
9		X				X	
10			X				
11		X	X			X	
12		X					
13		X					
14			X				
15	X		X				
16		X	X				
17			X	X			
18		X		X			
<b>TOT.</b>	5	11	8	3	5	2	3

Da subito, anche graficamente, si osserva che ci sono due problematiche principali che vengono toccate da un numero maggiore di documenti rispetto alle altre:

- P2. Complessità dei progetti e gestioni delle discipline multidisciplinari
- P3. Comunicazione e collaborazione

Una possibile motivazione al perché queste due tematiche siano le più sentite tra i documenti, è fornita con l'analisi di seguito.

Successivamente è stato effettuato un ordinamento crescente dei punteggi totali (ultima riga della tabella), se n'è studiato l'andamento in modo grafico e si è cercata una correlazione logica.

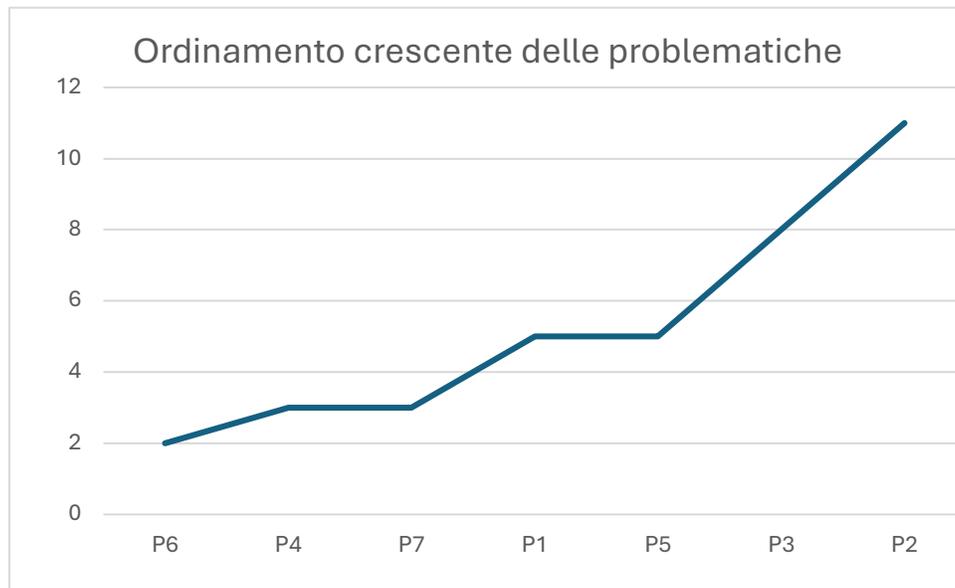


Figura 7: ordinamento crescente delle problematiche

Analizzando il trend crescente descritto sopra è possibile osservare che più il problema diventa strutturato più sembrerebbe che i vari documenti hanno segnalato tale problematica.

Ovvero prendendo i due estremi P6 e P2 si passa da un problema legato al design, che quindi presuppone concetti astratti e poco strutturati, fino ad arrivare a problematiche legate alla complessità dei progetti e alla gestione della multidisciplinarietà, che invece presuppone un ambiente più strutturato in cui muoversi.

Questo potrebbe voler sottolineare come la natura stessa della progettazione agile riesca a creare meno tensioni in ambiti più labili rispetto a quelli più rigidi. E in questo caso si può quindi pensare ad un parallelismo legato al fatto che le metodologie agili nascono in ambito software e trovano meno applicazione in quello hardware.

Un ulteriore risultato emerso è che l'applicazione di Scrum nei progetti aerospaziali risulta ancora limitata.

Questo sembra essere a causa della difficile applicazione in progetti di tipo hardware e anche dovuto al fatto che c'è una forte presenza di utilizzo di metodologie di lean manufacturing.

Risulta, infatti, che il lean manufacturing è ad oggi il principale metodo utilizzato nella gestione di progetti aerospaziali. Tali metodologie risultano ben consolidate e efficaci nell'ottimizzazione

dei flussi produttivi. Contribuiscono, inoltre, alla riduzione dei costi e al miglioramento continuo: caratteristiche utili per mantenere la competitività e l'efficienza operativa a lungo termine.

Il co-sviluppo di software e hardware risulta essere una sfida per applicare correttamente una gestione agile.

Questo potrebbe limitare l'efficacia del framework Scrum: i tempi risulterebbero molto dilatati, e questo andrebbe contro la gestione ciclica e snella prevista dai metodi agili;

inoltre la bassa adattabilità di Scrum richiede all'ambiente circostante un notevole cambiamento per poter collaborare e questo non sempre risulta facile e possibile. Come visto, inoltre, in ambito aerospaziale è ancora presente una forte dipendenza dai metodi tradizionali.

La gestione contemporanea di attività hardware e software richiede un certo coordinamento tra le risorse interne del team, e questo potrebbe causare attriti.

Un'ulteriore analisi fatta è stata relativa all'anno di pubblicazione dei vari articoli analizzati.

Si evince un picco di pubblicazioni nell'anno 2020: questo coincide con l'anno di maggiore sviluppo della situazione pandemica dovuta al Covid-19

È stato un momento di incertezza generale e alta volatilità, che ha duramente colpito anche il settore aerospaziale il quale, come molti altri settori, ha dovuto affrontare interruzioni della catena di approvvigionamento, cambiamenti improvvisi nelle esigenze del mercato e la necessità di adattarsi rapidamente a nuove condizioni di lavoro.

Questo ha portato a un aumento della ricerca in ambito delle metodologie agili, e del framework Scrum in particolare.

In tale situazione, infatti, si è rivelato cruciale avere metodi che permettessero la gestione dell'incertezza e della volatilità, di mantenere la continuità operativa e di gestire progetti complessi durante la pandemia.

Ulteriore fattore determinante è stata la trasformazione digitale accelerata. Con molte persone costrette a lavorare da casa, è stato necessario per le aziende trovare nuovi metodi per coordinare i team distribuiti, da remoto.

Per questi motivi, il 2020 ha in generale visto una crescente attenzione verso l'innovazione con tecnologie emergenti in ambito di robotica, intelligenza artificiale e sistemi autonomi: tutte

innovazioni che riguardano da vicino il settore aerospaziale e che lo hanno quindi portato ad affacciarsi ulteriormente a tecniche innovative.

Bisogna comunque riconoscere che seppur per le ragioni spiegate si può pensare che un risultato di questo tipo potesse essere prevedibile, il numero di documenti che hanno evidenziato questo picco di ricerca potrebbe essere troppo basso e tale da non giustificare appieno le ipotesi avanzate.



Figura 8: Numero annuo di pubblicazioni

## Implicazioni per la teoria

La teoria potrebbe sviluppare nuovi sistemi di gestione che siano più flessibili e adattabili maggiormente a contesti “ibridi” hardware e software. Nello specifico si tratterebbe in realtà di andare ad adattare alcuni modelli già esistenti, cercare di cogliere i punti di “frizione” che rendono i modelli agili difficilmente applicabili a quelli come il contesto in analisi, e condurre degli studi più approfonditi di modo da sciogliere le incertezze presenti.

La teoria potrebbe anche prevedere alcune guide che aiutino l’implementazione di queste metodologie passo dopo passo. Si tratterebbe di redigere dei manuali in cui si affrontano le varie problematiche che un’organizzazione può incontrare nell’applicazione di framework come Scrum e andare a proporre una soluzione; ad esempio si potrebbe spiegare in modo più approfondito ma semplificato come gestire la comunicazione all’interno di un team che lavora su un progetto gestito in maniera agile.

Sarebbe anche necessario implementare la ricerca andando ad analizzare più approfonditamente gli impatti che la gestione agile avrebbe su progetti hardware come quelli legati alla costruzione di elicotteri. Si tratterebbe quindi di fare delle analisi sulla base dei dati già esistenti verificando costi e benefici dei progetti hardware del settore in cui è stata utilizzata una gestione agile, e andarla poi a confrontare con i progetti in cui è stata usata una gestione lean. A valle del confronto quindi si possono trarre delle conclusioni e capire quando è più utile.

## **Implicazioni per la pratica**

Dal punto di vista pratico sarebbe necessario prevedere un'analisi dei flussi di comunicazione. Bisognerebbe implementare una raccolta dati più adeguata e specifica per il problema che si sta cercando di risolvere. In un mondo come quello odierno sempre più orientato al mondo dei big-data e all'implementazione di AI anche all'interno di tecniche gestionali come quelle in esame, risulterebbe utile predisporre una raccolta dati semplice da consultare e da gestire, la quale potrebbe essere fonte di KPI che aiuterebbero a capire meglio quali processi di gestione funzionano meglio e quali peggio e poter quindi pensare a delle soluzioni future adeguate da implementare nel modo corretto.

La formazione e comunicazione per il team è un ulteriore punto importante per riuscire nell'applicazione di metodologie agili. Si tratterebbe quindi di prevedere un adeguato percorso di formazione per coloro interessati alla gestione dei progetti e inoltre fornire adeguati modelli e tool di comunicazione, basandoti ad esempio sui principi comunicativi dettati da Allen relativi proprio al come utilizzare lo spazio e a quali fonti di informazione e comunicazione è meglio attingere, oltre che a come poter riadattare l'informazione e la comunicazione aziendale con la nuova era digitale.

L'implementazione di norme e regolamentazione sarebbe un'ulteriore implicazione di questo studio applicato a progetti aerospaziali. Per quanto si cerca sempre di ridurre le pratiche burocratiche che spesso portano al rallentamento di un progetto, può essere utile prevedere in questo caso la redazione di normativa ad hoc per regolare l'utilizzo di tecniche agili in contesti hardware.

Come già detto, infatti, fino ad oggi sono metodologie usate principalmente in contesti software e nati per essi e per questo sarebbe necessario prevedere delle normative differenti che possano essere applicate al nuovo contesto.

## **Limitazioni**

Le limitazioni che si possono riscontrare nei metodi sono legate principalmente ai dati raccolti e utilizzati e al tipo di rappresentazione utilizzata per presentare e discutere i risultati:

- presenza di un solo revisore: la discussione è stata effettuata da un unico revisore, senza una controprova o verifica oggettiva dei dati che sono stati analizzati e del mondo con cui sono stati trattati;
- bias del revisore: il revisore potrebbe non risultare completamente oggettivo nelle sue valutazioni, ma influenzato da una sua conoscenza pregressa e dagli obiettivi della ricerca
- mancanza di dati: i dati quantitativi esistenti potrebbero essere troppo pochi per considerare la ricerca e i metodi utilizzati validi per ottenere poi risultati certi
- utilizzo di tabelle: per quanto utili e di facile rappresentazione, l'utilizzo di tabelle potrebbe risultare limitante a causa della bidimensionalità di rappresentazione. Come anche gli altri grafici utilizzati, il fatto di rappresentare i dati in maniera bidimensionale non permettere di apprezzare concetti più complessi che spieghino meglio ad esempio le caratteristiche di comunicazione che si dovrebbero avere in un team agile, o quali possono essere le routine organizzate vincenti o meno.

## Conclusioni

Nel contesto della gestione dei progetti ingegneristici in ambito aerospaziale, si sta cercando di capire se ha senso approfondire l'utilizzo di metodologie agili, ed eventualmente qual è il modo più efficiente e utile per farlo.

Al momento risulta che le organizzazioni e i team hanno iniziato ad affacciarsi a questa possibilità, ma comunque sono ancora legati ai metodi tradizionali. Questo principalmente è dovuto alla complessità dei progetti che si trattano, all'interdipendenza tra aspetti hardware e software e al fatto che le tecniche attualmente impiegate, come il lean manufacturing, portano benefici nella gestione degli sprechi e dei costi.

L'implementazione della metodologia Scrum nei progetti aerospaziali rappresenta una sfida significativa. La gestione tradizionale dei progetti in questo settore è stata caratterizzata da metodologie waterfall e lean manufacturing che presentano limitazioni importanti in contesti di alta complessità.

Nonostante i potenziali benefici di metodologie agili come Scrum, la loro applicazione nei progetti aerospaziali è ancora limitata. Questo è dovuto principalmente alla difficoltà di adottare una metodologia nata per ambiti software a contesti con forte coinvolgimento hardware. Esiste quindi un gap significativo nella letteratura che riguarda l'implementazione efficace di Scrum in contesti aerospaziali.

Il lavoro della tesi è stato quello di analizzare pro e contro delle metodologie agili rispetto a quelle tradizionali e identificare opportunità di miglioramento.

La ricerca ha incluso articoli e revisioni derivate da alcuni database come Scopus, Pico PoliTo e Francis Online, i quali sono stati valutati e analizzati sulla base della loro rilevanza e contributo alla domanda di ricerca.

I risultati indicano che l'adozione di Scrum può portare a dei vantaggi per quanto riguarda le tempistiche, l'allocazione delle risorse e adattamento a nuove esigenze; la coesistenza di componenti hardware e software rappresenta un ostacolo significativo che al momento non presenta ancora una soluzione definitiva, e limita l'efficacia del framework Scrum.

Le implicazioni teoriche propongono nuovi modelli di gestione che siano più flessibili e adattabili a contesti ibridi hardware-software. Per quanto riguarda le implicazioni pratiche, invece, si suggerisce una maggiore attenzione alla formazione continua dei team, e all'implementazione di strumenti di comunicazione efficienti.

Le principali limitazioni dello studio riguardano:

- la presenza di un solo revisore, il quale potrebbe essere stato soggetto a bias durante le valutazioni fatte
- la mancanza di dati quantitativi utili a validare le conclusioni e le ipotesi introdotte
- le tempistiche ridotte di analisi dei dati
- la finestra temporale di valutazione disponibile
- la disponibilità e accessibilità alle fonti di informazione

Gli studi futuri dovrebbero concentrarsi sull'adattamento delle metodologie agili ai contesti hardware e sull'analisi dell'impatto finanziario della transazione da metodologie lean ad agili. Sarà inoltre utile approfondire gli aspetti relativi alla comunicazione e alla gestione delle risorse umane in progetti aerospaziali gestiti mediante framework Scrum, oltre alla definizione di ulteriori KPI per raccogliere dati utili alle future analisi.

## Bibliografia

1. Liu X, Xin X, Li Z, Chen Z, Sheng Y. Near minimum-time feedback attitude control with multiple saturation constraints for agile satellites. *Chinese Journal of Aeronautics*. 2016;29(3):722-737. doi:10.1016/j.cja.2016.04.011
2. *Implementing Lean Manufacturing Techniques to Achieve Six Sigma*.
3. Fleischer M, Kohler R, Lamb T, Bongiorno HB, Tupper N. *SHIPBUILDING SUPPLY CHAIN INTEGRATION PROJECT Final Report MANTECH Contract # F33615-96-C-5511 Prepared By.*; 1999.
4. Arikapalli VSNM, Bhowmick S, Rao PVRRB, Ayyagari R. Missile longitudinal dynamics control design using pole placement and LQR methods – A critical analysis. *Def Sci J*. 2021;71(5):699-708. doi:10.14429/DSJ.71.16232
5. Institute of Electrical and Electronics Engineers. *28th DASC : Digital Avionics Systems Conference : Modernization of Avionics and ATM-Perspectives from the Air and Ground : Proceedings : The Florida Hotel and Conference Center, Orlando, Florida, October 25-29, 2009*. IEEE; 2009.
6. Barbosa GF, Carvalho J, Filho EVG. A proper framework for design of aircraft production system based on lean manufacturing principles focusing to automated processes. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2014;72(9-12):1257-1273. doi:10.1007/s00170-014-5729-3
7. Buter A, Stienstra C, Vanderleest SH. *Agile for Aerospace.*; 2008.
8. Álvarez JM, Roibás-Millán E. Agile methodologies applied to Integrated Concurrent Engineering for spacecraft design. *Res Eng Des*. 2021;32(4):431-450. doi:10.1007/s00163-021-00371-y
9. Gunasekaran A, Tirtiroglu E, Wolstencroft V. *An Investigation into the Application of Agile Manufacturing in an Aerospace Company*. Vol 22.; 2002. [www.elsevier.com/locate/technovation](http://www.elsevier.com/locate/technovation)
10. Krupa GP. *APPLICATION OF AGILE MODEL-BASED SYSTEMS ENGINEERING IN AIRCRAFT CONCEPTUAL DESIGN.*; 2018.
11. Moerland E, Ciampa PD, Zur S, et al. Collaborative Architecture supporting the next generation of MDAO within the AGILE paradigm. *Progress in Aerospace Sciences*. 2020;119. doi:10.1016/j.paerosci.2020.100637

12. Al-Ashaab A, Golob M, Urrutia UA, et al. Development and application of lean product development performance measurement tool. *Int J Comput Integr Manuf.* 2016;29(3):342-354. doi:10.1080/0951192X.2015.1066858
13. Vu NA, Lin T, Azamatov A, Lwin T, Lee JW. Development of integrated rotorcraft design and virtual manufacturing framework. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology.* 2011;83(3):171-185. doi:10.1108/00022661111131267
14. Hampe J, Stahnke A. Improving air and space safety through enhanced coordination with the SpaceTracks Suite microservice architecture. *Journal of Space Safety Engineering.* 2024;11(1):80-86. doi:10.1016/j.jsse.2024.01.005
15. Walther JN, Gastaldi AA, Maierl R, Jungo A, Zhang M. Integration aspects of the collaborative aero-structural design of an unmanned aerial vehicle. *CEAS Aeronaut J.* 2020;11(1):217-227. doi:10.1007/s13272-019-00412-2
16. van Gent I, Aigner B, Beijer B, Jepsen J, La Rocca G. Knowledge architecture supporting the next generation of MDO in the AGILE paradigm. *Progress in Aerospace Sciences.* 2020;119. doi:10.1016/j.paerosci.2020.100642
17. Hon KKB. *Performance and Evaluation of Manufacturing Systems.*; 2005.
18. Rojas T, Mula J, Sanchis R. Quantitative modelling approaches for lean manufacturing under uncertainty. *Int J Prod Res.* Published online 2023. doi:10.1080/00207543.2023.2293138
19. Cullen PA, Butcher B, Hickman R, Keast J, Valadez M. *The Application Of Lean Principles To In-Service Support: A Comparison Between Construction And The Aerospace And Defence Sectors.*; 2005. www.leanconstructionjournal.org
20. McAdam R, Galbraith B, Miller K, Moffett S, McAdam M. The role of Lean at the interface with between operations management and applied services within a large aerospace organisation: a boundary spanning perspective. *Production Planning and Control.* 2016;27(15):1298-1311. doi:10.1080/09537287.2016.1221158
21. Puvanasvaran P, Megat H, Hong TS, Razali MM. The roles of communication process for an effective lean manufacturing implementation. *Journal of Industrial Engineering and Management.* 2009;2(1):128-152. doi:10.3926/jiem.2009.v2n1.p128-152
22. Rooks B. *Winning Ways for Manufacturing.*; 2000. <http://www2.mcb.co.uk/mcbrr/aa.asp>