

UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

Sede Amministrativa: Università degli Studi di Padova  
Sede Consorziata: Università degli Studi di Udine  
Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Gestionale e Meccanica

---

SCUOLA DI DOTTORATO DI RICERCA IN: INGEGNERIA GESTIONALE ED ESTIMO  
INDIRIZZO: INGEGNERIA GESTIONALE  
CICLO XXVI

**COMPLESSITÀ DI PROGETTO E PRESTAZIONI:  
TEORIA ED EVIDENZA EMPIRICA**

**Direttore della Scuola:** Ch.mo Prof. Cipriano Forza  
**Coordinatore d'Indirizzo:** Ch.mo Prof. Cipriano Forza  
**Supervisore:** Ch.mo Prof. Alberto F. De Toni

**Dottoranda:** Michela Loli



## ABSTRACT

In recent years, scholars and professionals have dedicated various publications about complexity in project management. This shows a growing interest, both in the academic and in the professional field, to the issues of complexity and complex systems, applied to the aspects and practices of project management. In particular, two literature research streams are recognizable (Geraldi, 2009; Geraldi et al., 2011):

- The research stream focused on the definition of "project complexity", which aims to describe and identify the characteristics of complex projects, and how organizations are able to deal with this complexity. Given the practical implications, this topic has mainly interested the professional fields related to project management, and related literature (Geraldi, 2009; Geraldi et al., 2011);
- The research stream focused on the "complexity theory applied to project management", which deals with the interpretation of aspects and practices of project management, through the lens of complexity theory (Geraldi, 2009; Geraldi et al., 2011).

This research work refers to both research fields, as firstly it investigates the characteristics of the dimensions of the complexity of the project, and their impact on project performances, with a specific reference to an industry. Subsequently, the results obtained in the part of empirical study are reviewed through a parallelism with one of the aspects of complexity theory.

From the literature review of this study, two gaps emerged. The first gap shows that, despite complexity is recognized as a relevant issue in the definition and management of a project, there is still ambiguity about the definition of the project complexity in literature to date. In particular, there is a lack of clarity of which the characteristics of a complex project are, and which dimensions of complexity can be identified and measured. The second gap shows that, despite complexity has been investigated in recent years as part of studies on project management, empirical research assessing the impact of complexity on the project performances is still poor.

From these two gaps, two research questions are derived: what are the dimensions and indicators that may define and measure the project complexity? How may complexity impact the project performances?

In order to answer the first research question, it was conducted a literature review, from which emerged a general overview of what are the dimensions of the complexity of the projects described in the most relevant scientific publications of project management. From these contributions in literature, four dimensions of complexity were identified and described, i.e. diversity, interdependence, uncertainty and dynamic of the project.

These dimensions, which apply generally, have been linked to a set of indicators valid for the specific industry object of the study. In this way, the first research question has been answered, by providing a proposal of complexity dimensions with a general validity, and an original set of indicators valid for the specific scope of the object of study. Two project performances of interest for this research, i.e. costs/revenues and time, have been selected and linked with a set of key performance indicators.

To answer the second research question, the analysis of the literature allowed to derive the following research hypotheses:

H1: "The project complexity has an impact on cost performance"

H1.1 "The impact of the project complexity worsens cost performance"

H2: "The project complexity has an impact on time performance"

H2.1 "The impact of project complexity worsens time performance"

It was then conducted a quantitative research, applied to the industry object of the study. The research hypotheses were tested on a sample of 41 projects. To assess the impact of the project complexity on the performance of time and costs/revenues, statistical analysis were applied: Spearman's rank correlation, and multiple linear regression, also in its robust form. The Spearman rank correlation was deemed appropriate considering to the nature of the variables, which in most cases had a not-normal sampling distribution. Multivariate analysis was performed to assess the overall impact of all the dimensions of complexity on the project performances.

As for the hypothesis H1 and H1.1, from rank analysis and from multivariate analysis it emerged that the complexity dimensions diversity, uncertainty and dynamic have an impact on the costs/revenues performance, especially when

considering the results of multivariate analysis. Interdependence has instead returned non-statistically significant results values in either statistical analysis. As for diversity and uncertainty, it was found that the relationship with the cost performance is positive, so the increasing of these dimensions of complexity, is accompanied with an increase in actual costs/revenues compared to the original costs/revenues, and then a deterioration of performance. Unlike previous ones, the only dimension of complexity that has returned a negative relationship, and therefore linked to an improvement in performance, is the dimension dynamism. This negative relationship is present both in the rank analysis, and in multiple regression. For hypotheses H2 and H2.1, although there were some statistically significant relationships in the rank analysis, in general the information content of the relations among complexity and time performance is smaller than the impact on costs/revenues performance, and therefore less relevant to the research.

Finally, reconnecting to the second strand of literature, i.e. complexity theory applied to project management, the results of the analysis above described have been reinterpreted according to the theories of the physicist Murray Gell-Mann, known researcher of complexity theory. This perspective has returned an interesting point of view of the results of research through the lens of complexity theory.



## SOMMARIO

Negli ultimi anni, studiosi e professionisti hanno dedicato numerose pubblicazioni al tema della complessità nella gestione dei progetti. Questo dimostra un crescente interesse, sia in ambito accademico, che in quello professionale, verso le tematiche della complessità e dei sistemi complessi, applicati agli aspetti e alle pratiche di project management. In particolare, sono riconoscibili due filoni in letteratura (Geraldi, 2009; Geraldi et al., 2011):

- Il filone che tratta la definizione della “complessità di progetto”, che ha l’obiettivo di descrivere e di identificare le caratteristiche dei progetti complessi, e di come le organizzazioni siano in grado di fronteggiare tale complessità. Visti i risvolti pratici, questo filone ha maggiormente interessato gli ambiti professionali collegati al project management, e la relativa letteratura (Geraldi, 2009; Geraldi et al., 2011);
- Il filone sulla “teoria della complessità applicata al project management”, che si occupa di leggere gli aspetti e le pratiche del project management attraverso le lenti della teoria della complessità (Geraldi, 2009; Geraldi et al., 2011).

Il presente lavoro di ricerca tratta entrambi i filoni, in quanto dapprima investiga le caratteristiche delle dimensioni della complessità di progetto, e il loro impatto sulle prestazioni, con riferimento ad uno specifico settore. In seguito, i risultati ottenuti nella parte di studio empirico sono riletti attraverso un parallelismo con uno degli aspetti della teoria della complessità.

Dalla revisione della letteratura condotta nel presente studio, sono emersi due gap. Il primo gap illustra che, nonostante la dimensione della complessità sia riconosciuta come tematica rilevante nella definizione e nella gestione di un progetto, ad oggi in letteratura c’è ancora ambiguità circa la definizione della complessità di progetto. In particolare, c’è una mancanza di chiarezza di quali siano le caratteristiche di un progetto complesso, e di come le dimensioni della complessità possano essere identificate e misurate. Il secondo gap mostra che, nonostante il tema della complessità sia stato investigato negli ultimi anni nell’ambito degli studi sul project management, ricerca empirica che valuti l’impatto della complessità sulle prestazioni di progetto è ancora scarsa.

Da questi due gap, sono derivate le due domande di ricerca: Secondo quali dimensioni ed indicatori può essere definita e misurata la complessità di progetto? In che modo le dimensioni della complessità possono impattare sulle prestazioni di progetto?

Per rispondere alla prima domanda di ricerca, è stata condotta un'analisi della letteratura, dalla quale è emersa una panoramica generale di quali siano le dimensioni della complessità dei progetti descritte nelle maggiori pubblicazioni scientifiche di project management. Da questi contributi in letteratura, sono state quindi identificate e descritte quattro dimensioni della complessità, ossia diversità, interdipendenza, incertezza e dinamicità di progetto.

Queste dimensioni, che hanno validità generale, sono state abbinare ad una serie di indicatori validi per progetti eseguiti in uno specifico ambito del settore oggetto di studio. In questo modo, è stata data risposta alla prima domanda di ricerca, fornendo una proposta di dimensioni della complessità di progetto di carattere generale, ed un set originale di indicatori validi per uno specifico settore oggetto di studio. Sono state inoltre selezionate le due prestazioni ritenute di interesse per la ricerca, ossia rapporto costi/ricavi e tempo, abbinandole anch'esse ad una serie di indicatori di misurazione.

Per rispondere alla seconda domanda di ricerca, l'analisi della letteratura ha permesso di derivare le seguenti ipotesi di ricerca:

H1: «La complessità di progetto ha un impatto sulla prestazione costo».

H1.1 «L'impatto della complessità di progetto peggiora la prestazione costo».

H2: «La complessità di progetto ha un impatto sulla prestazione tempo».

H2.1 «L'impatto della complessità di progetto peggiora la prestazione tempo».

È stata quindi condotta una ricerca quantitativa, applicata al settore oggetto di studio. Le ipotesi di ricerca sono state testate su un campione di 41 progetti. Per valutare l'impatto della complessità di progetto sulle prestazioni di tempo e costi/ricavi, sono state applicate delle analisi statistiche: la correlazione per ranghi di Spearman, e la regressione lineare multipla, anche nella sua versione robusta. La correlazione per ranghi di Spearman è stata ritenuta appropriata vista la natura delle variabili, che nella maggior parte dei casi presentavano una distribuzione campionaria non normale. L'analisi multivariata è stata condotta per valutare l'impatto complessivo di tutte le dimensioni della complessità sulle prestazioni di progetto.

Per quanto riguarda le ipotesi H1 e H1.1, dall'analisi per ranghi e da quella multivariata è risultato che le dimensioni della complessità, diversità, incertezza e dinamicità hanno un impatto sulla prestazione legata al rapporto costi/ricavi, specialmente se si considerano gli esiti dell'analisi multivariata. La dimensione interdipendenza non ha invece restituito valori statisticamente significativi in nessuna delle due analisi statistiche. Per quanto riguarda la diversità e l'incertezza, è emerso che la relazione con la prestazione costi/ricavi è positiva, ossia all'aumentare di queste dimensioni della complessità, c'è un aumento del rapporto costi/ricavi effettivi rispetto al rapporto costi/ricavi originali, e quindi un deterioramento della prestazione. A differenza delle precedenti, l'unica dimensione della complessità che ha restituito una relazione negativa, e quindi legata ad un miglioramento della performance, è la dimensione della dinamicità di progetto. Questa relazione negativa è presente sia nell'analisi per ranghi, sia nella regressione multipla. Per le ipotesi H2 e H2.1, anche se sono emerse alcune relazioni statisticamente significative, in generale il contenuto informativo delle relazioni della complessità con la prestazione tempo è inferiore rispetto agli impatti sulla prestazione costi/ricavi, e quindi meno rilevante ai fini della ricerca.

Infine, ricollegandosi al secondo filone della letteratura, ossia alla teoria della complessità applicata al project management, gli esiti delle analisi sopra descritte sono stati riletti secondo le teorie del fisico Murray Gell-Mann, noto teorico della complessità. Questa prospettiva ha restituito un'interessante chiave di lettura degli esiti della ricerca attraverso le lenti della teoria della complessità.



*Alla mia famiglia*



# INDICE

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | INTRODUZIONE .....  | 1  |
| 2     | ANALISI DELLA LETTERATURA.....  | 7  |
| 2.1   | SELEZIONE ARTICOLI, LIBRI, DATABASE DI RICERCA .....                  | 7  |
| 2.2   | INTRODUZIONE AL PROJECT MANAGEMENT.....                               | 10 |
| 2.3   | GLI STANDARD PRINCIPALI NEL PROJECT MANAGEMENT.....                   | 12 |
| 2.4   | PRINCIPI DEL PROJECT MANAGEMENT TRADIZIONALE .....                    | 15 |
| 2.5   | STORIA ED EVOLUZIONE DEL PROJECT MANAGEMENT.....                      | 21 |
| 2.6   | CRITICA AL MODELLO TRADIZIONALE: L'AGILE PROJECT<br>MANAGEMENT.....   | 26 |
| 2.7   | PROJECT MANAGEMENT E COMPLESSITÀ .....                                | 29 |
| 2.7.1 | LA COMPLESSITÀ DI PROGETTO .....                                      | 31 |
| 2.7.2 | TEORIA DELLA COMPLESSITÀ APPLICATA AL PROJECT<br>MANAGEMENT.....      | 42 |
| 2.8   | GAP NELLA LETTERATURA E DEFINIZIONE DELLE DOMANDE DI<br>RICERCA ..... | 50 |
| 3     | LA STRATEGIA DI RICERCA.....  | 55 |
| 3.1   | DEFINIZIONE DEL FRAMEWORK DI RICERCA.....                             | 55 |
| 3.2   | DEFINIZIONE DELLE DIMENSIONI DELLA COMPLESSITÀ DI PROGETTO ....       | 57 |
| 3.3   | DEFINIZIONE DELLE PRESTAZIONI DI PROGETTO.....                        | 63 |
| 3.4   | IPOSTESI DI RICERCA .....   | 68 |
| 4     | METODOLOGIA DI RICERCA.....   | 70 |
| 4.1   | INDICATORI DELLA COMPLESSITÀ DI PROGETTO E DELLE<br>PRESTAZIONI ..... | 70 |
| 4.2   | PROCESSO DI DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI DI MISURAZIONE .....         | 71 |
| 4.3   | DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI DELLA COMPLESSITÀ DI PROGETTO.....       | 72 |
| 4.3.1 | INDICATORE DI MISURAZIONE DELLA DIVERSITÀ TECNICA.....                | 72 |
| 4.3.2 | INDICATORE DI MISURAZIONE DELL'INTERDIPENDENZA<br>ORGANIZZATIVA ..... | 73 |
| 4.3.3 | INDICATORE DELL'INCERTEZZA.....                                       | 75 |
| 4.3.4 | INDICATORE DELLA DINAMICITÀ.....                                      | 76 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 4.4   | DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI DI MISURAZIONE DELLE PRESTAZIONI<br>DI PROGETTO ..... | 78  |
| 4.4.1 | INDICATORE DELLA PRESTAZIONE TEMPO .....   | 78  |
| 4.4.2 | INDICATORE DELLA PRESTAZIONE COSTI / RICAVI .....                                  | 79  |
| 5     | ANALISI DEI DATI .....   | 81  |
| 5.1   | DEFINIZIONE DEL CAMPIONE E MISURAZIONE DEGLI INDICATORI.....                       | 81  |
| 5.2   | RACCOLTA DATI E MISURAZIONE DEGLI INDICATORI .....                                 | 84  |
| 5.3   | ANALISI STATISTICA.....  | 89  |
| 6     | DISCUSSIONE DEI RISULTATI.....   | 98  |
| 7     | CONCLUSIONI .....  | 103 |
| 7.1   | LETTURA DEI RISULTATI ATTRAVERSO LE LENTI DELLA TEORIA DELLA<br>COMPLESSITÀ.....   | 103 |
| 7.2   | CONTRIBUTO DELLA RICERCA.....  | 106 |
|       | BIBLIOGRAFIA .....   | 109 |
|       | APPENDICE .....  | 117 |

## INDICE DELLE FIGURE

|  |    |
|--|----|
| Figura 1.1 Teoria della complessità, sintesi di alcuni principali autori e teorie (Adattato da Cicmil et al., 2009, p.23).....   | 4  |
| Figura 1.2 Project management e complessità: ambiti di ricerca in letteratura (Geraldi, 2009; Geraldi et al., 2011).....         | 5  |
| Figura 2.1 Ripartizione degli articoli scientifici per tipo di rivista.....  | 9  |
| Figura 2.2 Distribuzione degli articoli (rivista e atti di convegno) per anno.....   | 9  |
| Figura 2.3 I cinque gruppi di processi del progetto (Fonte: Project Management Institute, 2008, p.40 ).....                      | 16 |
| Figura 2.4 Principi di project management (Fonte: Office of Government Commerce, 2009, p.5).....                                 | 17 |
| Figura 2.5 Esempio di Work Breakdown Structure (adattato da Project Management Institute, 2008, p.119).....                      | 19 |
| Figura 2.6 The Iron Triangle vs. The Square Route (fonte: Atkinson, 1999).....   | 20 |
| Figura 2.7 The diamond approach (fonte: Shenhar & Dvir, 2007, p.14).....   | 21 |
| Figura 2.8 Incertezza come dimensione della complessità di progetto (fonte: Williams, 1999).....                                 | 33 |
| Figura 2.9 Applicazione del modello dell'incertezza di Williams a progetti di sviluppo nuovo prodotto (Fonte: Lebcir, 2006)..... | 34 |
| Figura 2.10 Schema concettuale delle caratteristiche e del successo del progetto (Fonte: Tatikonda e Rosenthal, 2000).....       | 35 |
| Figura 2.11 Rappresentazione del modello MODeST (Fonte: Maylor et al., 2008).....  | 37 |
| Figura 2.12 Quattro modelli di project management in termini di complessità (Fonte: Jafaari, 2003).....                          | 45 |
| Figura 2.13 Tipi di progetto e "mondi" associati (Fonte: Saynisch et al. 2010b).....   | 49 |
| Figura 3.1 Framework di ricerca.....   | 55 |
| Figura 3.2 Framework e risposta alle domande di ricerca.....   | 57 |
| Figura 4.1 Processo di definizione degli indicatori di misurazione.....  | 72 |
| Figura 5.1 Anno di acquisizione dei progetti dei progetti.....   | 82 |
| Figura 5.2 Percentuale di completamento dei progetti.....  | 83 |
| Figura 5.3 Aree geografiche di realizzazione dei progetti.....   | 83 |
| Figura 5.4 Istogrammi delle distribuzioni della complessità di progetto.....   | 90 |
| Figura 5.5 Istogrammi delle distribuzioni delle prestazioni di progetto.....   | 90 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 5.6 Tipi di test statistici (fonte: Motulsky, 1995) .....  | 91  |
| Figura 5.7 Grafico di dispersione della diversità in relazione alle prestazioni tempo e costi/ricavi .....    | 93  |
| Figura 5.8 Grafico di dispersione interdipendenza in relazione alle prestazioni tempo e costi/ricavi .....    | 93  |
| Figura 5.9 Grafico di dispersione incertezza in relazione alle prestazioni tempo e costi/ricavi .....         | 94  |
| Figura 5.10 Grafico di dispersione dinamicità in relazione alle prestazioni tempo e costi/ricavi .....        | 94  |
| Figura 5.11 Esiti regressione lineare multipla (dimensioni complessità-tempo) .....                           | 96  |
| Figura 5.12 Esiti regressione lineare multipla (dimensioni complessità-costi/ricavi) .....                    | 96  |
| Figura 5.13 Esiti regressione multipla robusta (dimensioni complessità-tempo) .....                           | 97  |
| Figura 5.14 Esiti regressione multipla robusta (dimensioni complessità-costi/ricavi) .....                    | 98  |
| Figura 6.1 Visualizzazione grafica degli esiti dell'analisi per ranghi di Spearman ...                        | 99  |
| Figura 6.2 Visualizzazione grafica degli esiti dell'analisi di regressione multipla...                        | 100 |
| Figura 7.1 Schema della complessità effettiva (Fonte: Gell-Mann, 1994, p.59) ....                             | 104 |
| Figura 7.2 Lettura dei risultati ottenuti attraverso lo schema della complessità effettiva di Gell-Mann ..... | 106 |

## INDICE DELLE TABELLE

|   |    |
|---|----|
| Tabella 2.1 Lista delle parole chiave usate nella ricerca .....   | 8  |
| Tabella 2.2 Scuole di ricerca nel project management (Fonte: Söderlung, 2011)....   | 12 |
| Tabella 2.3 Sintesi Di alcuni dei principi dell'agile project management<br>individuati dall'analisi della letteratura.....                           | 29 |
| Tabella 2.4 Dimensioni della complessità progettuale (Adattato da Baccarini,<br>1996).....  | 32 |
| Tabella 2.5 Definizione di complessità organizzativa (fonte: Vidal e Marle, 2008)...  | 38 |
| Tabella 2.6 Definizione di complessità tecnologica (fonte: Vidal e Marle, 2008).....  | 39 |
| Tabella 2.7 Modelli di project management: "Predict-and-control" vs. "Prepare<br>and commit" (Fonte: Koppenjan, 2011).....                            | 40 |
| Tabella 2.8 Evoluzione della definizione delle dimensioni della complessità di<br>progetto (adattato da Geraldi et al., 2011) .....                   | 41 |
| Tabella 2.9 Limiti del project management tradizionale vs. project management<br>e teoria della (Paradiso e Ruffa, 2009) .....                        | 44 |
| Tabella 2.10 Project management e complessità. Sintesi dei contributi emersi<br>dall'analisi della letteratura.....                                   | 53 |
| Tabella 2.11 Gap in letteratura e domande di ricerca .....  | 54 |
| Tabella 2.12 Domande di ricerca e risultati attesi.....   | 54 |
| Tabella 3.1 Definizioni della complessità di progetto.....  | 59 |
| Tabella 3.2 Definizione delle dimensioni della complessità di progetto: sintesi<br>dei maggiori contributi evinti dall'analisi della letteratura..... | 63 |
| Tabella 3.3 Lista dei principali contributi usati nella ricerca per la definizione di<br>prestazioni e KPI nel settore delle costruzioni.....         | 64 |
| Tabella 3.4 Elenco Prestazioni e KPI evinte dall'analisi della letteratura .....  | 68 |
| Tabella 5.1 Range dei valori delle dimensioni della complessità.....  | 85 |
| Tabella 5.2 Range dei valori delle prestazioni di tempo e costi/ricavi.....   | 85 |
| Tabella 5.3 Valori di misurazione delle dimensioni della complessità di progetto<br>e delle prestazioni tempo e costi/ricavi .....                    | 88 |
| Tabella 5.4 Coefficienti di correlazione di Spearman e significatività statistica.....  | 95 |



# 1 INTRODUZIONE

Negli ultimi anni, il tema della gestione della complessità ha avuto notevole rilevanza nelle discipline organizzative e manageriali. Solo per citare un recente esempio, nel 2011 l'Harvard Business Review pubblica l'articolo di Sargut e McGrath "Learning to Live with Complexity. How to make sense of the unpredictable and the undefinable". L'articolo descrive le sfide che le organizzazioni sono chiamate ad affrontare oggi, in un contesto dove la prevedibilità dell'ambiente esterno, la numerosità delle interazioni ed il tipo di legami possono portare a nuovi scenari e a comportamenti difficilmente prevedibili. In analogia con un sistema complesso, le organizzazioni vengono paragonate ad un sistema caratterizzato da molteplicità, numerosità, interdipendenza e diversità degli elementi potenzialmente interagenti, da gestire tenendo conto del grado di complessità, dell'incertezza e dell'imprevedibilità delle evoluzioni future (Sargut e McGrath, 2011).

Il linea con le discipline organizzative e manageriali, anche il project management ha dimostrato un grande interesse verso le teorie della complessità, sia in ambito accademico, che in quello professionale. Sono difatti numerose le pubblicazioni che negli ultimi hanno indagato il tema della complessità nella gestione dei progetti. Da una panoramica dei titoli delle maggiori pubblicazioni rivolte ad un pubblico di practitioners, troviamo ad esempio i testi "Managing Complex Projects – Networks, Knowledge and Integration" di Alderman, Ivory, Mcloughlin e Vaughan (2014), "Managing Complex Projects – A new Model" di Hass (2009), "Complexity Theory and Project Management" di Curlee e Gordon (2010), "Il project management emergente – Il progetto come sistema complesso" a cura di Francesco Varanini e Walter Ginevri (2009), quest'ultimo anche tradotto in inglese qualche anno più tardi con il titolo "Projects and complexity" (a cura di Varanini e Ginevri, 2012). In ambito accademico è invece possibile trovare diversi articoli che hanno parlato di project management e complessità, ad opera di autori come Baccarini (1996), Williams (1999), Geraldi (2009), Jafaari (2003), Cicmil et al. (2005, 2009), Cooke-Davis et al. (2007) – solo per citarne alcuni – e pubblicati nelle maggiori riviste scientifiche di project management, quali l'International Journal of Project Management e il Project Management Journal.

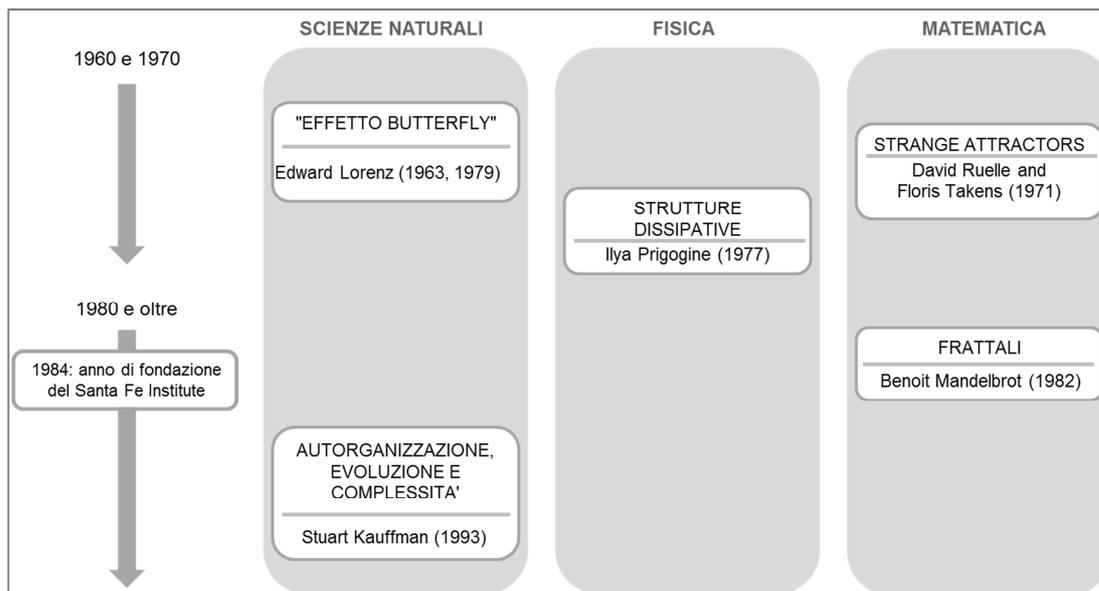
Ci possiamo quindi chiedere come mai lo studio della complessità sia diventato argomento di tale interesse, anche nell'ambito del project management. Se prendiamo in considerazione alcune statistiche che riguardano il tasso di successo dei progetti, riusciamo senza dubbio a trovare la risposta. Guardando ad esempio la ricerca pubblicata nel CHAOS Manifesto 2013 dello Standish Group Int., condotta su un vasto campione di progetti nel settore informatico, prevalentemente americani e europei, mostra come nei risultati del 2012, il 43% dei progetti IT analizzati non abbia raggiunto le performances previste, o a causa o di uno sfioramento del budget di costi, o perché in ritardo rispetto alla pianificazione iniziale, o perché terminati con un livello di funzionalità inferiore alle attese. Sempre lo stesso report, mostra come il 18% di questi progetti sia addirittura del tutto fallito (The Standish Group Int., 2013). Molti autori concordano che alcune delle cause di insuccesso dei progetti siano legate ai diversi aspetti della loro complessità (Tatikonda e Rosenthal, 2000; Ivory e Alderman, 2005; Daniels e LaMarsh, 2007; Antoniadis et al., 2011), ed alla scarsa capacità di molte aziende ed organizzazioni di comprendere e gestire tale complessità (Hass, 2009, pp.1-6; Paradiso e Ruffa, 2009, pp.157-159). Anche le tecniche ed i modelli tradizionali di project management sono stati criticati, in quanto non considerano le dinamiche complesse e le evoluzioni non-lineari che caratterizzano i diversi tipi di progetti, e possono portare ad un'eccessiva semplificazione della gestione del progetto stesso, con il rischio di non riuscire più a governarlo (Williams, 1999; Paradiso e Ruffa, 2009, pp.157-159; Curlee e Gordon, 2010, pp.21-40). Lo studio della complessità diventa quindi centrale anche nel project management, al fine di individuare nuove modalità di gestione del progetto stesso, per raggiungere determinate performance di progetto.

In generale, quando ci si riferisce allo studio della complessità, si possono considerare ambiti di ricerca sostanzialmente diversi tra loro. Da un lato, la "complessità" rimanda alla accezione più primitiva del termine, alla sua definizione, che deriva dal latino *cum plexum*, che richiama immediatamente il nodo, l'intreccio, la trama, (De Toni e Comello, 2010, pp.15-17). In questo caso, lo studio della complessità equivale ad indagare quali siano gli aspetti e le caratteristiche che ne costituiscono le sue dimensioni, al fine di comprendere quali siano elementi della complessità, e le loro relazioni, con l'obiettivo di fornire soluzioni e spiegazioni a fenomeni difficilmente comprensibili nel loro insieme. Dall'altro lato, invece, "complessità" richiama la "teoria della complessità", ossia quella disciplina scientifica che tratta lo studio dei sistemi complessi, caratterizzati da un numero di elementi

qualitativamente differenti e aventi diverse connessioni non lineari tra gli elementi (De Toni e Comello, 2010, pp.15-17). La teoria della complessità investiga il modo in cui ordine, struttura e modelli possono emergere da sistemi apparentemente complicati e caotici e, viceversa, di come comportamenti e strutture complesse siano in grado di emergere da regole apparentemente semplici (Cicmil et al., 2009, p.22; Cooke-Davies et al., 2007). Tra il 1960 ed il 1970, l'evoluzione dei calcolatori elettronici raggiunse uno sviluppo tale da consentire di effettuare simulazioni e test che fino a pochi anni prima sarebbero stati impossibili da raggiungere. Grazie a ciò, varie scoperte vennero fatte in discipline quali la fisica, la matematica, la biologia, la chimica, che portarono alla luce nuove teorie. Ad esempio, all'inizio degli anni '60 al Massachusetts Institute of Technology, il meteorologo Edward Lorenz scoprì come, nei sistemi non lineari, minime deviazioni e cambiamenti nelle condizioni iniziali possono portare a conseguenze impensabili (Cicmil et al., 2009, pp.22-23). Questo fenomeno, meglio conosciuto come "Effetto Butterfly", dalla pubblicazione che Lorenz presentò nel 1979 con il titolo "*Predictability, Does the flap of a butterfly's wings in Brazil set off a tornado in Texas?*" (Cicmil et al., 2009, pp.23-24), introduce in quegli anni la teoria del caos (De Toni e Comello, 2010, p.28). Lorenz contribuì anche allo studio degli attrattori, sviluppati in seguito anche da David Ruelle e Floris Takens, che all'inizio degli anni '70 definirono gli "strange attractors" per spiegare i modelli di comportamento individuati durante il loro studio sulle turbolenze nei fluidi (Cicmil et al., 2009, p.24). Nel 1977 il chimico Ilya Prigogine venne insignito con il premio Nobel per la chimica per il suo studio sulle strutture dissipative, un tipo particolare di sistemi complessi dinamici, che di fatto rivoluzionò la scienza della termodinamica (Cicmil et al., 2009, p.26). Altri studi rilevanti furono condotti in quegli anni: ad esempio, gli studi di Stuart Kauffman in ambito biologico, che condussero alla definizione di concetti quali l'autorganizzazione e l'emergenza nei sistemi biologici, e la definizione dei frattali del matematico Benoit Mandelbrot (1982), che descrisse le proprietà matematiche che certi oggetti geometrici hanno nel ripetersi su differenti scale di grandezza, anche in natura (Cicmil et al., 2009, pp.24-25). La Figura 1.1 mostra solo alcuni degli esempi degli studi avvenuti nell'ambito della teoria della complessità, nelle scienze naturali, nella fisica e nella matematica (figura adattata da Cicmil et al., 2009, p.23).

Quindi, di fatto, quando si parla di studio della complessità si può intendere da un lato, l'interesse a spiegare fenomeni complessi, andando a comprendere le dimensioni e le caratteristiche che costituiscono questa complessità, al fine di

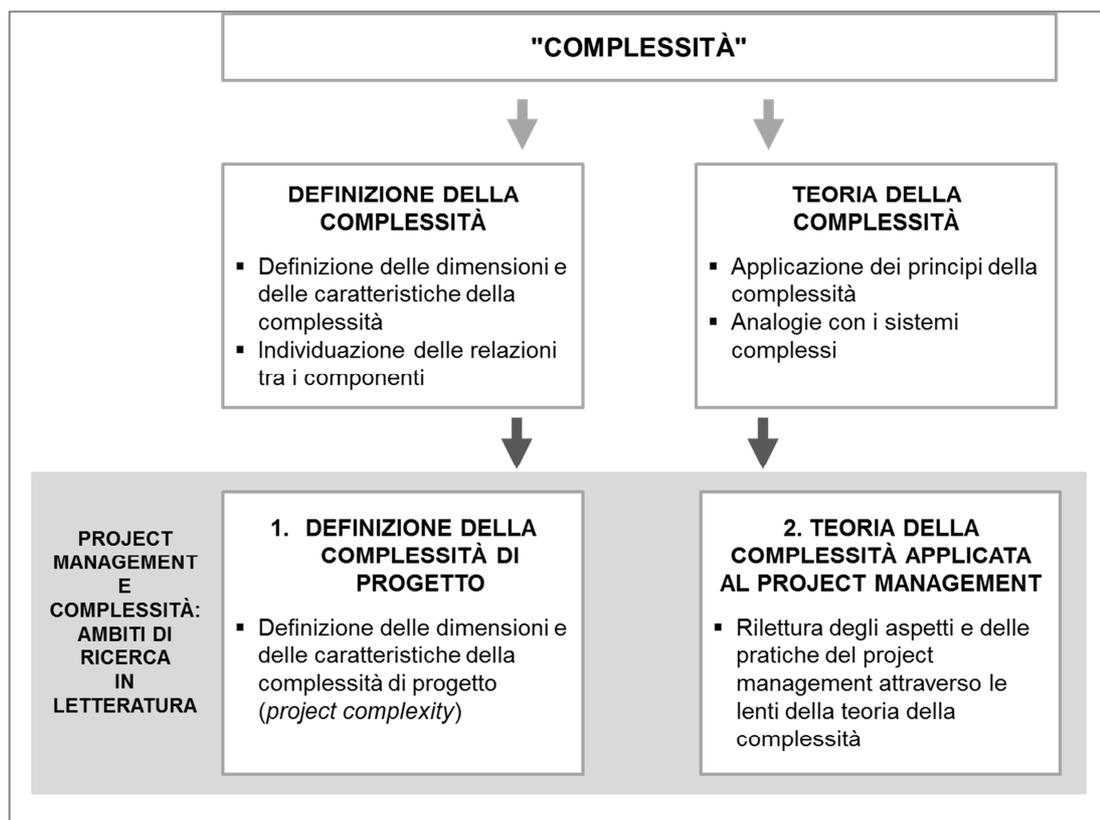
decifrare le relazioni tra gli elementi; dall'altro lato, si può intendere l'applicazione dei principi della teoria della complessità, al fine di trovare analogie con i sistemi complessi, andando a spiegare determinati comportamenti mediante un parallelismo con le principali teorie della complessità.



**Figura 1.1 Teoria della complessità, sintesi di alcuni principali autori e teorie (Adattato da Cicmil et al., 2009, p.23)**

Questo “dualismo della complessità” si ritrova anche nella letteratura del project management, dove è possibile distinguere due filoni distinti in letteratura (Geraldi, 2009; Geraldi et al., 2011), evidenziati anche in Figura 1.2:

- Il filone che tratta la definizione della “complessità di progetto” (in inglese *project complexity*), che ha l'obiettivo di descrivere e di identificare le caratteristiche dei progetti complessi, e di come gli individui e le organizzazioni siano in grado di fronteggiare tale complessità. Visti i risvolti pratici, questo filone ha maggiormente interessato gli ambiti professionali collegati al project management, e la relativa letteratura (Geraldi, 2009; Geraldi et al., 2011).
- Il filone sulla “teoria della complessità applicata al project management”, che si occupa di leggere gli aspetti e le pratiche del project management attraverso le lenti della teoria della complessità (Geraldi, 2009; Geraldi et al., 2011).



**Figura 1.2 Project management e complessità: ambiti di ricerca in letteratura (Geraldi, 2009; Geraldi et al., 2011)**

Questa ricerca si posiziona su entrambi i filoni, in quanto, da un alto, questo studio mira a descrivere le principali caratteristiche dei progetti complessi, giungendo ad una definizione della complessità di progetto, con una proposta di un set di dimensioni ed indicatori della complessità applicabili al settore delle costruzioni, dove i progetti sono notoriamente complessi. D'altra parte, questa ricerca riprende anche i concetti della teoria della complessità, in particolare alcune teorie del fisico Murray Gell-Mann, per commentare gli esiti della parte empirica di questo studio, al fine di rileggere i risultati attraverso le lenti della teoria della complessità.

La tesi è così strutturata: il Capitolo 2 mostra l'analisi della letteratura, partendo dalla descrizione del database individuato per la revisione della letteratura, al metodo adottato per la selezione degli articoli e dei libri ritenuti rilevanti per la ricerca; il capitolo prosegue presentando gli argomenti di ricerca trattati nell'analisi della letteratura, i gap della letteratura e la definizione delle domande di ricerca. Il Capitolo 3 illustra la strategia di ricerca, mostrando il framework utilizzato, e le

ipotesi di ricerca. Il Capitolo 4 mostra la metodologia di ricerca, presentando gli indicatori di misurazione della complessità di progetto, e delle prestazioni. Il Capitolo 5 mostra l'analisi dei dati, con le relative analisi statistiche, mentre il Capitolo 6 presenta la discussione dei dati. Le conclusioni sono derivate al Capitolo 7.

## 2 ANALISI DELLA LETTERATURA

### 2.1 SELEZIONE ARTICOLI, LIBRI, DATABASE DI RICERCA

L'analisi della letteratura è stata condotta mediante l'utilizzo del database Scopus, uno dei più grandi database di abstract e citazioni di letteratura peer-reviewed nell'ambito delle discipline scientifiche, tecnologiche, mediche, delle scienze sociali e delle arti (Elsevier, 2014). Scopus è stato scelto in quanto è uno dei database a maggiore copertura; la selezione degli articoli nel database Scopus è avvenuta nel seguente modo:

- 1) Parole chiave per la ricerca: sono state selezionate le parole chiave, e delle combinazioni delle stesse, mediante l'utilizzo degli operatori booleani AND e OR, al fine di circoscrivere l'ambito di ricerca ai soli argomenti di interesse per lo studio. Di fatto, le parole chiave principalmente usate sono state "complexity" o "complexity theory", ricercate assieme ai termini "project" o "project management". Tuttavia, sono state anche condotte ricerche anche su "agile project management", "key performance indicators" o "performance" e "project management", in quanto ritenute di interesse per la ricerca. La Tabella 2.1 mostra gli esempi di combinazioni usate. Queste parole chiave sono state ricercate nel titolo, nell'abstract e nelle keywords degli articoli e libri presenti nel database.
- 2) Area di ricerca: sono state selezionate le due aree di ricerca inerenti allo studio, ossia l'area delle scienze sociali e umanitarie, che comprende discipline economiche, manageriali, e finanziarie, e l'area delle scienze fisiche, che tra le altre discipline include l'ingegneria.
- 3) Tipo di documento: la ricerca delle parole chiave è avvenuta focalizzandosi su articoli pubblicati in riviste scientifiche, articoli su atti di convegno, e libri, questi ultimi in particolare se citati in articoli accademici.
- 4) Lingua: la ricerca è stata condotta su pubblicazioni in lingua inglese.

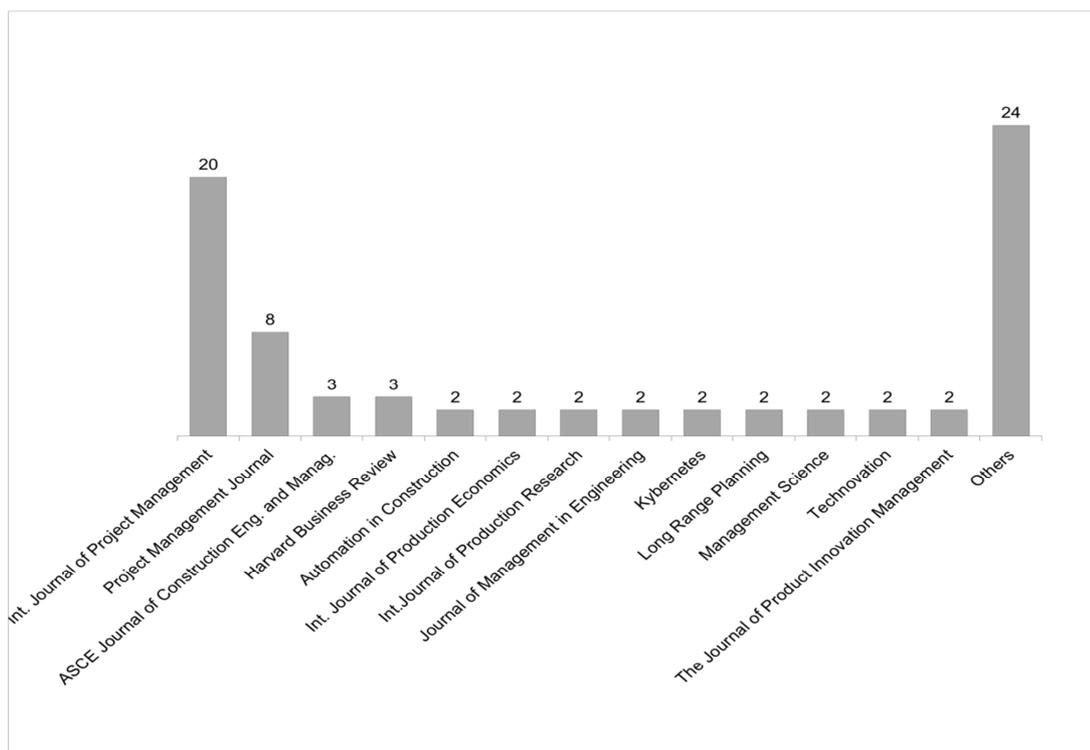
|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| Parole chiave usate nella ricerca | «complexity» AND «project management»<br>«complex» AND «project»<br>«complex» AND «project management»<br>«complexity» AND «management»<br><br>«complexity theory» AND «project management»<br>«complexity theory» AND «project»<br><br>«agile project management»<br>«project management» AND «agile»<br><br>«performance measurement system» OR «PMS» AND «project management»<br>«performance measurement system» OR «PMS» AND «project»<br>«key performance indicator» OR «KPI» AND «project management»<br>«key performance indicator» OR «KPI» AND «project» |
|-----------------------------------|--|

**Tabella 2.1** Lista delle parole chiave usate nella ricerca

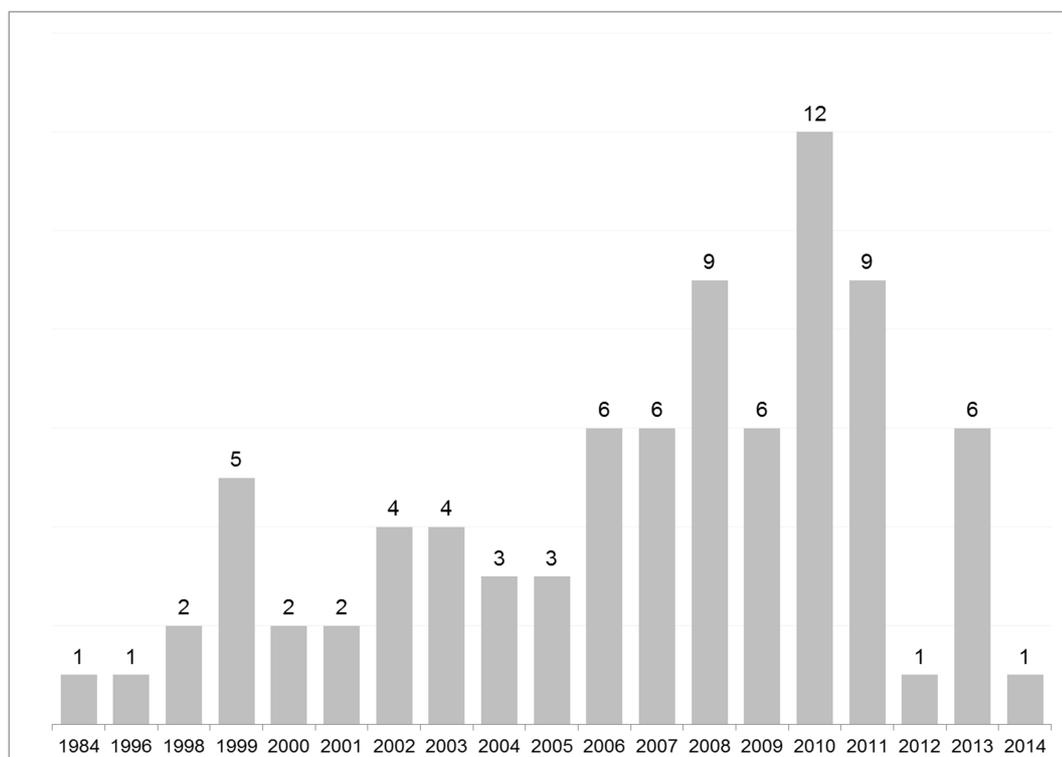
Oltre ai risultati ottenuti con la ricerca per parole chiave tramite Scopus, sono stati individuati anche altri testi, che trattano di temi specifici affrontati nella presente ricerca:

- Libri e manuali di statistica: 2 testi
- Libri di organizzazione di impresa: 2 testi
- Libri sui principi della complessità e delle auto-organizzazioni: 2 volumi

Complessivamente, sono state analizzate 108 pubblicazioni all'interno di questa ricerca. Tra queste, molti dei libri analizzati sono rivolti al grande pubblico ed ai practitioners, ad esempio i testi di Hass (2009), Curlee e Gordon (2010) e Alderman, Ivory, Mcloughlin e Vaughan (2014) e i testi a cura di Varanini e Ginevri (2009, 2012). Va ricordato difatti che il project management ha una dimensione professionale affermata e riconosciuta, alla quale negli ultimi anni si sta accompagnando anche un maggiore riconoscimento in campo accademico (Garel, 2013).



**Figura 2.1 Ripartizione degli articoli scientifici per tipo di rivista**



**Figura 2.2 Distribuzione degli articoli (rivista e atti di convegno) per anno**

La Figura 2.1 mostra la ripartizione per tipo di rivista dei soli articoli scientifici, mentre la Figura 2.2 mostra la ripartizione degli articoli, su rivista e atti di convegno, per anno di pubblicazione.

## 2.2 INTRODUZIONE AL PROJECT MANAGEMENT

Il concetto di progetto richiama una pluralità di azioni in grado di descrivere circostanze molto diverse tra loro, come ad esempio il processo di sviluppo ed introduzione di un nuovo prodotto, lo sviluppo di un programma software, la costruzione di un grattacielo, la riorganizzazione di un'unità di business; a causa di questa pluralità, non è pertanto semplice giungere ad una definizione universale del termine (Kalchschmidt, 2010, p. 291). Tuttavia, anche se questi esempi rimandano a situazioni e contesti molto diversi, è possibile individuare in letteratura definizioni di progetto indipendenti dal singolo settore di riferimento. Secondo Tonchia (2001), Il progetto può essere definito come *“un insieme di attività, complesse e interrelate, aventi come fine un obiettivo ben definito, raggiungibile attraverso sforzi sinergici e coordinati, entro un tempo predeterminato e con un preciso ammontare di risorse umane e finanziarie a disposizione”* (Tonchia, 2001, p.5). Il progetto è quel *“processo in cui risorse umane, materiali e finanziarie sono organizzate in modo nuovo per realizzare un output unico all'interno di vincoli definiti di tempo e costo”* (Kalchschmidt, 2010, p. 292). Secondo il Project Management Institute, una delle organizzazioni professionali di project management più note a livello mondiale, il progetto è *“[...] un'attività temporanea intrapresa per creare un prodotto un servizio o un risultato con caratteristiche di unicità. La natura temporanea dei progetti indica un inizio e una fine definiti. La fine si raggiunge quando sono stati ottenuti gli obiettivi del progetto, o quando il progetto è terminato poiché non si riesce, anche per impossibilità, a raggiungere tali obiettivi, o quando non sussiste più l'esigenza del progetto”* (Project Management Institute, 2008, p.5)

Il project management, espressione inglese comunemente diffusa anche nella lingua italiana, anche tradotta con i termini gestione di progetto, gestione di progetti o gestione per progetti, è *“l'applicazione di conoscenze, capacità, strumenti e tecniche alle attività di progetto per soddisfarne i requisiti”* (Project Management Institute, 2008, p.6). A seconda dei diversi contesti nel quale il progetto è sviluppato, diverse possono le prospettive di project management. Secondo Kalchschmidt,

(2010, pp. 291-292), si ha una prospettiva della pianificazione, quando nella gestione del progetto è prevalente l'attenzione alla pianificazione e al controllo delle attività, nel rispetto dei vincoli di tempo e dell'utilizzo delle risorse a disposizione; una prospettiva dell'organizzazione, quando è centrale la gestione delle risorse umane, attraverso la scelta di ruoli, mansioni e responsabilità, mediante opportuna attenzione al coinvolgimento e coordinamento del team di progetto; infine una prospettiva del sistema, quando l'importanza è data alla gestione delle interazioni tra i sottosistemi e le parti del progetto.

La gestione dei progetti in azienda è tipicamente una delle competenze richieste a dipendenti e dirigenti, e numerosi sono i corsi e master universitari dedicati all'argomento. Alcune delle certificazioni rilasciate ai project managers sono accreditate a livello mondiale, come ad esempio la certificazione Project Management Professional (PMP)<sup>®</sup> del Project Management Institute. Dal punto di vista accademico, diverse sono le riviste scientifiche dedicate all'argomento, tra le quali le principali sono l'International Journal of Project Management e il Project Management Journal, mentre diversi articoli di rilevanza in materia si possono trovare anche nelle più quotate riviste di management quali Academy of Management Journal, Management Science, Journal of Operation Management, Harvard Business Review e il California Management Review (Söderlund, 2011).

Nonostante la crescente diffusione che questa disciplina ha avuto, grazie in particolare allo sviluppo della ricerca nell'ambito avvenuto a partire dalla metà degli anni '90, secondo diversi accademici non esiste ancora una vera e propria teoria unificata per il project management (Garel, 2013). Mentre esiste una concezione globale del fenomeno, il riconoscimento del project management come teoria continua a competere con l'affermarsi della sua dimensione professionale, avvenuta con continuità nel tempo grazie ad un'articolata raccolta di best practices dedotte da singoli progetti (Garel, 2013).

Tuttavia, di recente i ricercatori hanno dimostrato un rinnovato interesse verso gli aspetti del project management che vanno al di là dell'analisi di singoli casi di studio (Johnson, 2013). Ad esempio, Söderlung (2011) ha evidenziato come negli ultimi anni ci sia stata una rapida crescita della teoria del project management, che si sta allontanando dalle storiche origini nell'ambito dell'ingegneria, della ricerca operativa e delle teorie organizzative, per approdare a nuove aree di conoscenza ed applicazione, quali ad esempio il marketing, il management strategico e le scienze

politiche. Nella sua accurata revisione della letteratura degli ultimi cinquant'anni, effettuata su 305 articoli estratti da 30 delle principali riviste di management e teorie organizzative, Söderlung (2011) individua difatti ben sette differenti scuole di ricerca nel project management, che differiscono per focus, concetto di progetto, domande di ricerca, approccio metodologico e tipo di teorizzazione (Tabella 2.2).

|                     | <b>Main focus of analysis</b>  | <b>Primary research approach and methodologies</b>                                     | <b>Empirical context</b>  |
|---------------------|--|--|---------------------------|
| Optimization School | Planning, breakdown techniques and scheduling of complex tasks               | Logic-based, modeling, simulation, experiments, static / dynamic                       | Engineering, R&D          |
| Factor School       | Success factors and project outcomes / project performance                   | Surveys, quantitative cross-sectional analysis, regression analysis, deductive, static | R&D                       |
| Contingency School  | Project organization design / structure                                      | Surveys, multiple case studies, single case studies, deductive / inductive, static     | R&D                       |
| Behaviour School    | Project organization processes   | Case studies, experiments, inductive, longitudinal, dynamic                            | Change, development       |
| Governance School   | Governance of project organizations / transactions                           | Case studies, deductive, static  | Construction              |
| Relationship School | Management of the formation and development phase of projects                | Case studies, inductive, longitudinal, dynamic   | Engineering, construction |
| Decision School     | The interplay among decision-makers in the (mainly) early stages of projects | Case studies, longitudinal, deductive / inductive, dynamic                             | Public sector, IT         |

**Tabella 2.2 Scuole di ricerca nel project management (Fonte: Söderlung, 2011)**

## 2.3 GLI STANDARD PRINCIPALI NEL PROJECT MANAGEMENT

Uno dei manuali più noti ed ampiamente utilizzati dai project managers in tutto il mondo è il “Project Management Body of Knowledge (Guida al PMBOK®)”,

pubblicato dal Project Management Institute, pubblicato per la prima volta nel 1986 e giunto nel 2013 alla sua quinta edizione. Tradotto e disponibile in diverse lingue, il manuale descrive dei veri e propri standard di riferimento per la gestione dei progetti, in linea con le più recenti normative ISO. Le pratiche descritte dal PMBOK® sono organizzate in un numero di processi, che ricadono all'interno di alcuni gruppi, e dalle aree di conoscenza di progetto. Il numero di processi, dei gruppi, e delle aree può variare a seconda dell'edizione del manuale. Nella quarta edizione del PMBOK®, i gruppi di processo sono (Project Management Institute, 2008, pp.40-65):

1. Avvio, per la determinazione di un nuovo progetto o di una sua fase
2. Pianificazione, per la definizione dell'ambito, degli obiettivi e delle azioni indispensabili per il conseguimento del risultato previsto
3. Esecuzione, per completare il lavoro pianificato
4. Monitoraggio e controllo, per osservare ed accertare l'avanzamento del progetto e delle sue fasi, e per individuare possibili modifiche da implementare al fine di conseguire gli obiettivi previsti
5. Chiusura, per terminare - anche formalmente - le attività previste

Mentre le aree di conoscenza, che rappresentano dei focus specifici sul progetto, sono (Project Management Institute, 2008, p.67):

1. Gestione dell'integrazione di progetto
2. Gestione dell'ambito di progetto
3. Gestione dei tempi di progetti
4. Gestione dei costi di progetto
5. Gestione della qualità di progetto
6. Gestione delle risorse umane di progetto
7. Gestione delle comunicazioni di progetto
8. Gestione dei rischi di progetto
9. Gestione dell'approvvigionamento di progetto

Ogni area di conoscenza è descritta da alcuni processi tipici, facenti parte di determinati gruppi.

Un altro standard piuttosto noto e diffuso è quello del PRINCE2, sviluppato dall'Office of Government Commerce britannico, con l'obiettivo di aiutare le organizzazioni e gli individui nella gestione efficace di progetti, programmi e servizi (Office of Government Commerce, 2009). Il PRINCE2 si struttura in quattro

componenti che si integrano durante tutto il ciclo di vita del progetto: i principi, i temi, i processi e l'ambiente di progetto.

I principi sono sette, e rappresentano le buone pratiche da seguire e gli obblighi da rispettare per gestire il progetto in linea con la metodologia (Office of Government Commerce, 2009, pp.11-14):

1. Giustificazione di business continua: la giustificazione deve rimanere valida per tutta la durata del progetto.
2. Imparare dall'esperienza: i membri del team di progetto imparano dalle esperienze di progetto precedenti, e sono in grado di riapplicare queste nozioni nei nuovi progetti.
3. Definire ruoli e responsabilità: all'interno del progetto è sempre possibile identificare ruoli e responsabilità definiti e condivisi, all'interno di una struttura organizzativa che si occupa degli interessi di tutti gli stakeholders.
4. Gestione per fasi: il progetto è gestito, monitorato e controllato attraverso un approccio per fasi ("stage-by-stage").
5. Gestione per eccezioni: ogni obiettivo di progetto presenta sempre delle tolleranze definite che delimitano l'ampiezza delle deleghe di autorità da un livello di gestione al sottostante. Ogni obiettivo di progetto è misurato, e se lo scostamento dalle tolleranze ammesse supera un certo limite le decisioni passano al livello successivo di management.
6. Focalizzazione sui prodotti: il progetto ha come focus primario la definizione e la consegna di prodotti, o in generale degli outputs, che in particolare possano soddisfare determinate caratteristiche di qualità.
7. Adattamento all'ambiente di progetto: la metodologia PRINCE2 consente di essere applicata in modo da garantire l'adattamento allo specifico ambiente di progetto.

Anche i temi sono sette, e descrivono gli aspetti del project management che andrebbero assicurati in maniera regolare durante tutta l'esecuzione del progetto (Office of Government Commerce, 2009, p.17):

1. Business case: il business case racchiude tutte quelle informazioni necessarie che consentono di giudicare l'appetibilità e realizzabilità del progetto durante tutto il suo ciclo di vita.
2. Organizzazione: l'organizzazione di progetto ha come obiettivo la definizione della struttura dei ruoli, dei livelli delle responsabilità e dei team .

3. Qualità: raggiungimento degli obiettivi attesi di business attraverso un'opportuna gestione della qualità .
4. Piani: pianificazione delle attività di progetto.
5. Rischio: individuare, valutare e controllare l'incertezza.
6. Cambiamento: individuare, valutare e controllare possibili cambiamenti al piano originale.
7. Progresso: monitorare gli avanzamenti di progetto.

I processi descrivono lo sviluppo per fasi del progetto, dal suo inizio fino al completamento (Office of Government Commerce, 2009, p.113):

1. Iniziare un progetto
2. Condurre un progetto
3. Controllare una fase
4. Gestire la consegna del prodotto
5. Gestire il confine di un fase
6. Chiudere un progetto

Mentre l'adattamento all'ambiente di progetto suggerisce alcune tecniche per adeguare la gestione del progetto al contesto e all'ambiente circostante. Un altro standard piuttosto noto è l'IPMA competence baseline, anch'esso legato a programmi di certificazioni di project management (Kalchschmidt, 2010, p. 305).

## 2.4 PRINCIPI DEL PROJECT MANAGEMENT TRADIZIONALE

Nonostante l'assenza di una teoria unificata, diversi sono i concetti che ricorrono nei modelli e nelle pratiche della gestione dei progetti, tanto più che si può parlare di principi "tradizionali" di project management. In alcuni casi, questi principi hanno portato all'affermazione di standard e strumenti riconosciuti. Tra questi troviamo:

1. La centralità delle attività di pianificazione e controllo
2. La gestione del ciclo di vita del progetto mediante un approccio per fasi
3. La suddivisione delle attività di progetto mediante la Work Breakdown Structure

4. La misurazione delle prestazioni di progetto in termini di tempo, costo e qualità

Per quanto riguarda il primo punto, è ormai prassi consolidata affermare che il progetto possa essere gestito efficacemente attraverso l'attività di pianificazione, ossia la definizione dettagliata delle azioni che dovranno essere implementate e la previsione degli eventi futuri, e l'attività di controllo, ossia la capacità di verificare in ogni singolo momento se ciò che sta accadendo è in linea con le previsioni (Paradiso e Ruffa, 2009, p.151) L'importanza dei due concetti è sottolineata nel PMBOK®, dove la pianificazione e il controllo fanno parte dei cinque gruppi di processi del progetto, che, assieme ai processi di avvio, di esecuzione e di chiusura, sono applicati in ciascuna fase e per tutta la durata del progetto per assicurarne lo svolgimento efficace (Paradiso e Ruffa, 2009, p.151).

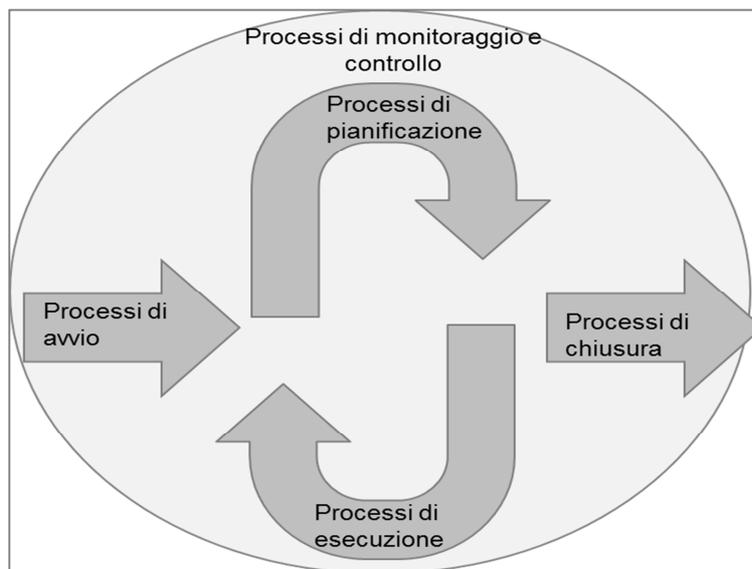
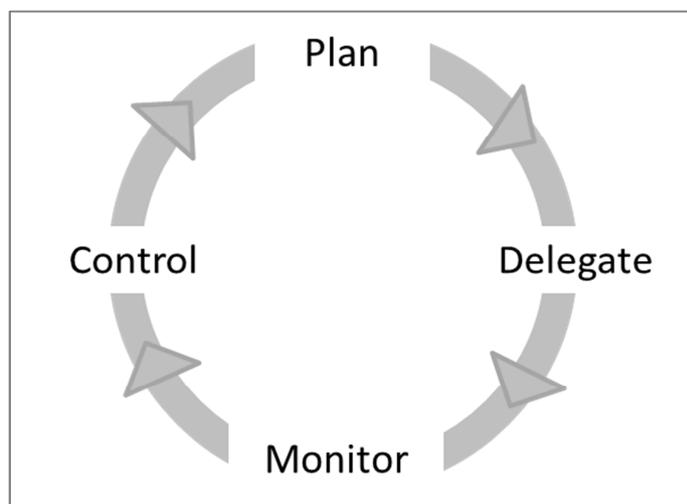


Figura 2.3 I cinque gruppi di processi del progetto (Fonte: Project Management Institute, 2008, p.40 )

Secondo il PRINCE2, *“Project management is the planning, delegating, monitoring and control of all aspects of the project, and the motivation of those involved, to achieve the project objectives within the expected performance targets for time, cost, quality, scope, benefits and risks.”* (Office of Government Commerce, 2009, p.4). Come si evince dalle figura, è chiaro il collegamento al

modello del ciclo di Deming PDCA (Plan-Do-Check-Act) nell'ambito della gestione della qualità e del lean production.



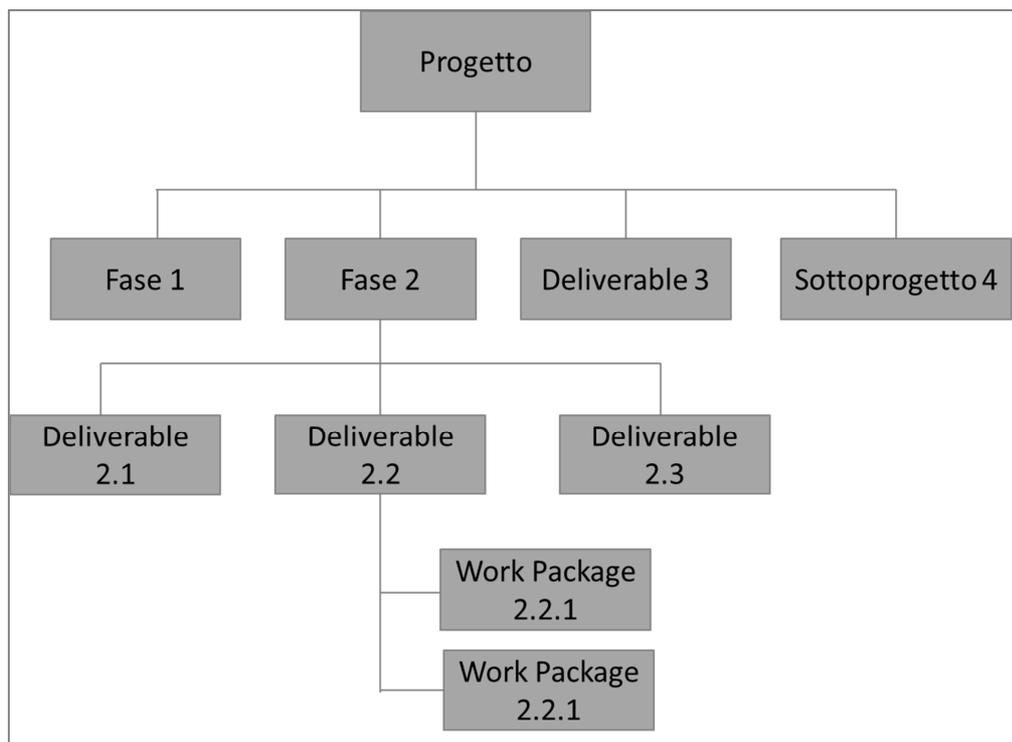
**Figura 2.4** Principi di project management (Fonte: Office of Government Commerce, 2009, p.5)

Un altro concetto riconosciuto come “classico” riguarda la gestione del progetto mediante un approccio per fasi, in inglese *phased stage-gate approach* (Lenfle e Loch, 2010) o *stage-by-stage*. Secondo il PMBOK®, il ciclo di vita del progetto corrisponde ad un insieme di fasi sequenziali o parzialmente sovrapposte, che variano per tipologia e numerosità a seconda del tipo di progetto. Si possono avere progetti con una singola fase, o con fasi perfettamente sequenziali, dove una fase può incominciare solo al termine della precedente, oppure progetti con fasi sovrapposte, dove il completamento di una fase si sovrappone temporalmente all'inizio di quella successiva (Project Management Institute, 2008, p.15).

Anche il PRINCE2 riconosce nell'approccio Stage-by-stage uno dei principi chiave per la corretta gestione dei progetti (Office of Government Commerce, 2009, p.13), in quanto la divisione del progetto in fasi consente un migliore controllo del management, mantenendo una pianificazione di alto livello per l'intero progetto, mentre un maggior livello di dettaglio per le singole fasi.

Sempre all'interno dei principi tradizionali del project management si può trovare la suddivisione delle attività di progetto attraverso una struttura definita “Work Breakdown Structure”. Il fine della WBS è quello di essere uno strumento di supporto alla pianificazione del lavoro da svolgere, mediante una rappresentazione

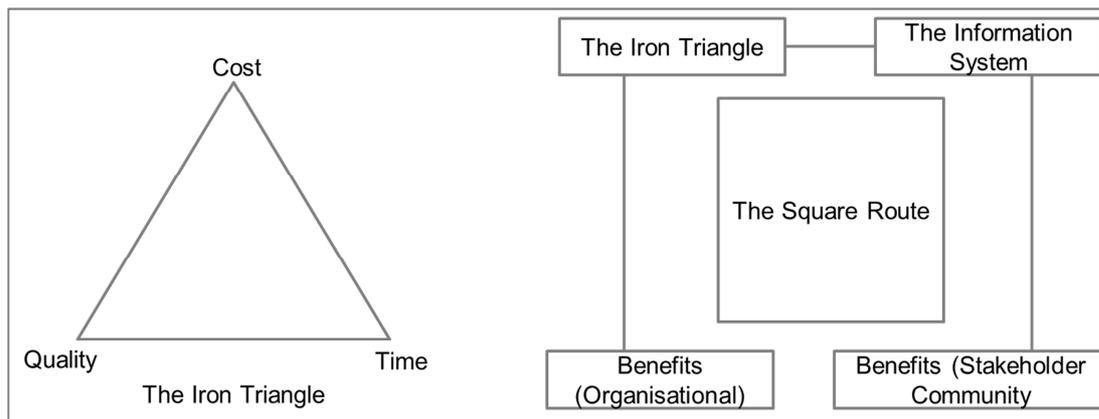
gerarchica dei deliverables di progetto, e costituisce il legame tra le varie dimensioni della pianificazione e controllo (Buganza, 2010, p.357). Nella WBS il lavoro necessario per portare a termine il progetto è scomposto nelle varie attività orientate alla produzione di outputs, con un dettaglio maggiore mano a mano che si passa ai livelli inferiori della struttura, fino all'individuazione dei singoli Work Package, che rappresentano le attività elementari (Project Management Institute, 2008, p.118). Le dipendenze ed interazioni tra i vari Work Package sono definiti in maniera univoca, così come le risorse allocate per ogni attività (Tonchia, 2001, p. 349). Secondo il principio della "Regola del 100%", sommando tutti i Work Packages si ottiene il lavoro necessario per portare a compimento l'intero progetto (Project Management Institute, 2008, p.121). Tipicamente ad ogni Work Package è associato un codice identificativo che consente un migliore controllo (Project Management Institute, 2008, p.121). I livelli delle WBS possono essere definiti in vari modi, ad esempio possono coincidere con le fasi del progetto, oppure con i sotto-progetti, o direttamente con i deliverables attesi (Project Management Institute, 2008, p.120). Questo comporta l'utilizzo di diverse logiche di disaggregazione della WBS: a seconda delle tipologie di attività rappresentate ad ogni livello, si possono trovare la suddivisione delle fasi che realizzano il progetto, le sequenze di rilascio degli output, oppure la scomposizione in parti fisiche del progetto (Buganza, 2010, pp. 356-357). Lo sviluppo della struttura ad albero della WBS necessita di un processo iterativo per approssimazioni successive, nel quale prima sono identificate le macro-attività che costituiscono il progetto, e che rappresentano i livelli più alti della struttura, e poi sono derivate le singole attività e sotto-attività, che vanno a popolare i livelli inferiori della struttura (Buganza, 2010, pp.356-357)



**Figura 2.5 Esempio di Work Breakdown Structure (adattato da Project Management Institute, 2008, p.119)**

Infine, secondo quanto comunemente in uso nel project management, il successo è misurato dalla capacità di terminare il progetto nel rispetto del triplo vincolo tempo-costo-qualità. Mentre le definizioni delle prestazioni di tempo e costo sembrano convergere in letteratura senza particolari problemi, in quanto generalmente propongono di misurare la durata effettiva delle attività di progetto da un lato, i costi sostenuti dall'altro, e il loro scostamento da quanto pianificato, diverse invece sono le interpretazioni che si hanno della misura della qualità di progetto. A volte difatti la qualità è intesa come il rispetto delle specifiche progettuali descritte nell'ambito di progetto, il cosiddetto "scope of work", in altri casi ci si riferisce ad essa sottintendendo il raggiungimento di un determinato output, o deliverable di progetto. Secondo alcuni, il primo a teorizzare il concetto del triplo vincolo tempo-costo-qualità fu Martin Barnes nel 1969, definendolo con l'espressione inglese "iron triangle" (Langston, 2013), termine che rimanda all'indissolubilità dei legami tra le prestazioni ed alla loro mutua dipendenza. Nel corso degli anni, l'iron triangle ha subito diverse modifiche, portando ad interpretazioni e rappresentazioni alternative del modello. Ad esempio, il PMBOK® mostra nelle sue prime edizioni il triplo vincolo in termini di tempo, costo e ambito, mentre nelle ultime pubblicazioni questo è stato

arricchito con altri tre vincoli, ossia qualità, risorse ed rischio. Nel 1999 Atkinsons critica l'iron triangle e propone un nuovo framework, lo "square route", con l'obiettivo di integrare il triplo vincolo con altri criteri determinanti il successo di un progetto, ossia il sistema informativo, i benefici per l'organizzazione e i benefici per la comunità degli stakeholders di progetto.



**Figura 2.6 The Iron Triangle vs. The Square Route (fonte: Atkinson, 1999)**

Altre critiche al modello non sono certo mancate negli anni a seguire: Shenhar & Dvir (2007, p.10) mettono in discussione i principi del project management tradizionale, tra cui in particolare la validità del triplo vincolo, e propongono il "diamond approach", un modello per valutare i rischi e benefici di un progetto, al fine di individuare il giusto approccio di gestione del progetto. Il loro diamante è composto da quattro elementi: novità, che rappresenta l'incertezza degli obiettivi di progetto; tecnologia, che rappresenta l'incertezza tecnologica legata al progetto; complessità, in termini di complessità di prodotto, attività ed organizzazione di progetto; passo, ossia l'urgenza del progetto (Shenhar & Dvir, 2007, p.13). Anche Cicmil et al. (2009, pp.3-5) sottolineano che un approccio basato solo sul triplo vincolo possa essere limitante, specialmente in contesti dove la presenza di altre prestazioni chiave da monitorare sia ugualmente importante. Gli autori fanno notare che in quei progetti, il peso di alcune variabili esterne al triplo vincolo, come ad esempio il contesto ambientale, la comunità, la salute e la sicurezza, siano ugualmente importanti, e, non solo, spesso in conflitto con gli obiettivi stessi dell'iron triangle Cicmil et al. (2009, p.4).

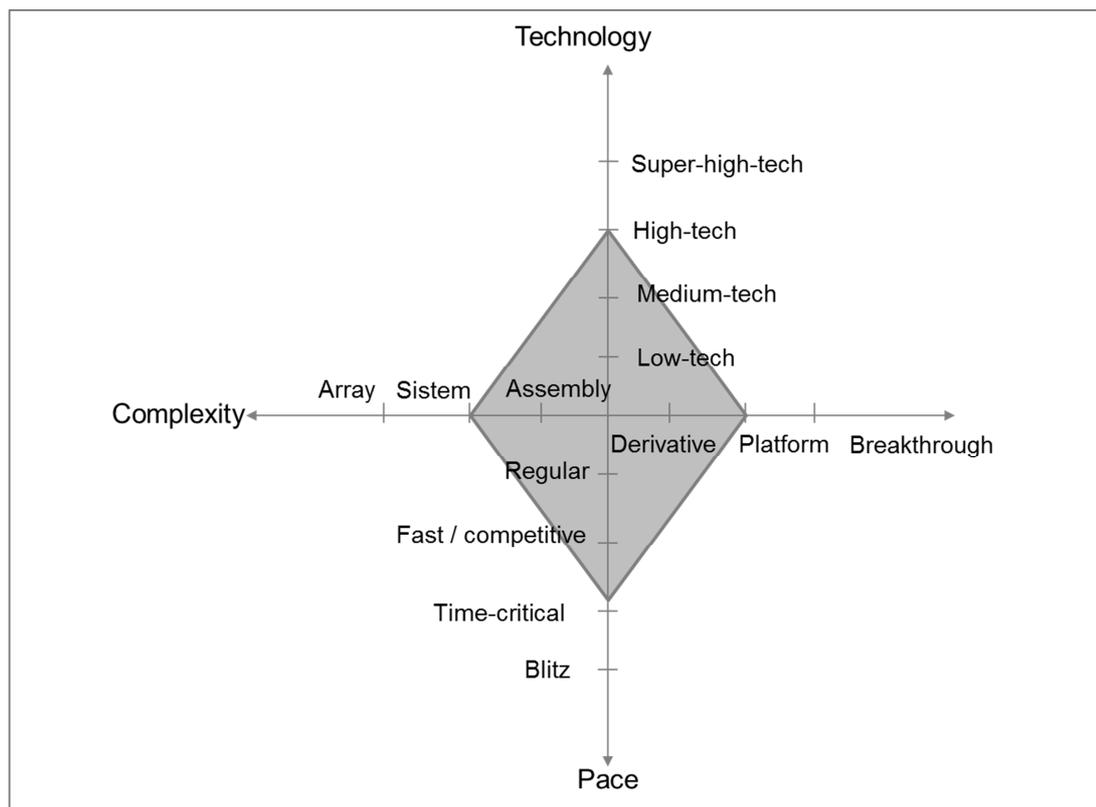


Figura 2.7 The diamond approach (fonte: Shenhar & Dvir, 2007, p.14)

## 2.5 STORIA ED EVOLUZIONE DEL PROJECT MANAGEMENT

I progetti siano sempre stati sviluppati e gestiti nel corso dei secoli; tuttavia, è solo a partire dallo sviluppo dei grandi progetti bellici della Seconda Guerra Mondiale e della Guerra Fredda che il project management ha incominciato ad essere formalizzato (Garel, 2013; Johnson, 2013). Si possono distinguere due periodi nella storia del project management: le sue "origini", dette "grado meno-uno", ossia i periodi storici nel quale i progetti venivano gestiti, ma dove le pratiche di project management o non erano istituzionalizzate, o lo erano solo parzialmente, ed il "grado zero", ossia il periodo a partire dagli anni '30-'50 del secolo scorso, nel quale la gestione dei grandi progetti bellici statunitensi portò all'affermarsi di veri e propri strumenti, ruoli e pratiche di project management (Garel, 2013).

Al primo periodo, secondo quanto riportato da Garel (2013) nei suoi pre-modelli di project management, appartengono alcune delle più grandi opere di edilizia del

Medio Evo, ad esempio i lavori di costruzione delle cattedrali gotiche del XII secolo. Secondo l'autore, in questi progetti non solo era già presente una divisione del lavoro coerente con quelle che oggi sono definite le parti in una commessa, ossia da un lato, il "contracting party", rappresentato dal mecenate (o utente, cliente, finanziatore del lavoro), e dall'altra il "contractor", incaricato invece dell'esecuzione del progetto, ma diventò preponderante anche la figura dell'architetto. Questi gradualmente sostituì la figura del capomastro, in quanto figura capace di interagire con tutte le parti o "stakeholders" di progetto, traducendo da un lato i concetti teologici degli arcivescovi e degli ecclesiastici in forme e architetture, grazie alla profonda conoscenza degli aspetti religiosi e filosofici, e assicurando dall'altro lato l'organizzazione e la gestione finanziaria dell'opera, attraverso la supervisione del cantiere, la scelta dei materiali, e il coordinamento dei vari artigiani (Garel, 2013). Un esempio ancor più notevole nel XV secolo fu la figura di Filippo Brunelleschi, nel suo lavoro di realizzazione della Cupola di Santa Maria del Fiore a Firenze: secondo Garel (2013), il geniale artista del Rinascimento fiorentino fu il primo a separare chiaramente il progetto dall'esecuzione, mentre secondo Kozak-Holland e Procter (2014), Brunelleschi rappresentò un geniale e moderno project manager, in grado di gestire l'opera nel rispetto dei vincoli tipici di tempo, costi, qualità e ambito di progetto, con una chiara visione strategica, nel pieno controllo dell'elevata complessità progettuale e gestendo con cura i rapporti con gli stakeholders e gli sponsors del progetto. Difatti, dopo che il progetto rimase bloccato per 50 anni, Brunelleschi riuscì portare a termine il lavoro in 16 anni, consegnando nel 1436 alla città di Firenze un'opera ritenuta fino a quel momento impossibile da realizzare (Kozak-Holland e Procter, 2014). Il progetto venne realizzato applicando sia le best practices del passato, utilizzate dagli antichi romani nella costruzione del Pantheon, sia studiando nuove soluzioni tecniche, organizzative, e di processo, come ad esempio la sostituzione dei ponteggi con piattaforme di lavoro più adatte alle altezze elevate, l'uso di avanzati sistemi montacarichi al posto delle semplici gru, l'impiego di mattoni e malta a presa rapida, e la suddivisione della forza lavoro in otto gruppi, ognuno per ogni segmento della cupola e diretto da un capomastro, affinché il lavoro potesse proseguire uniformemente lungo tutto il perimetro della cupola (Kozak-Holland e Procter, 2014).

Tuttavia, già come precedentemente indicato, è solo a partire dagli anni '30 – '50 del '900, che si può incominciare a parlare della vera e propria razionalizzazione del project management (Garel, 2013). Tra la Seconda Guerra Mondiale e la Guerra

Fredda vennero condotti importanti progetti bellici, soprattutto statunitensi, britannici e tedeschi, che permisero nel giro di pochi anni di trasformare le più sofisticate teorie e tecnologie scientifiche in manufatti di elevata ingegneria industriale. Tutti questi progetti furono contraddistinti da diverse caratteristiche in comune: erano progetti di importanza e priorità nazionale, con budget elevati, tempistiche stringenti, ed alti livelli di complessità e novità (Johnson, 2013). Tra gli esempi più noti troviamo la realizzazione del missile balistico tedesco V-2, il bombardiere americano B-29, e la bomba atomica, sviluppata nel noto Progetto Manhattan durante la Seconda Guerra Mondiale, mentre durante i primi anni della Guerra Fredda furono sviluppati i missili balistici nucleari nei progetti Atlas e Polaris (Johnson, 2013; Lenfle & Loch, 2010).

Il Progetto Manhattan fornì un potente esempio di project management. Quando incominciarono ad essere organizzate le prime conferenze di project management negli anni '60, esso fu inevitabilmente uno degli esempi maggiormente citati (Johnson, 2013). E' difatti prassi in letteratura dichiarare che il "moderno" project management abbia avuto inizio con il Progetto Manhattan, in quanto secondo diversi autori le caratteristiche e i modelli di questo e degli altri progetti bellici sopra citati fecero emergere in maniera rilevante le pratiche e le tecniche di project management (Johnson, 2013). Tuttavia, Lenfle e Loch (2010) hanno chiaramente dimostrato che i progetti Manhattan, Atlas e Polaris non vennero condotti nel rispetto delle pratiche standard associate oggi al project management. Secondo gli autori, questi progetti violarono alcuni principi classici di project management, come ad esempio la gestione del ciclo di vita di progetto organizzata per fasi, il cosiddetto "project life cycle" o "phased stage-gate approach". I progetti vennero in realtà gestiti applicando una combinazione di approccio per tentativi ("trial-and-error") e in parallelo ("parallel trials"), con sovrapposizioni tra le fasi di progettazione, sviluppo e costruzione, abbandonando di volta in volta le soluzioni non perseguibili. Questi i concetti saranno ripresi negli anni '90 nella moderna teoria di Agile Project Management, come sarà illustrato di seguito nel capitolo. Ad esempio, per il Progetto Manhattan, durante il seminario organizzato da Robert Oppenheimer nel luglio del 1942 a Berkeley, furono distinti cinque modelli alternativi di design per la bomba atomica: a "sparo", mezza-sfera, ad implosione, a "sparo" modificato, e per diffusione; furono inoltre portate avanti attività in parallelo legate allo studio di diversi materiali (uranio e plutonio) (Lenfle e Loch, 2010). All'inizio del progetto Manhattan, non era affatto chiaro quale fosse la miglior soluzione da implementare, cosicché tra

il 1943 e il 1945 vennero studiate e sviluppate contemporaneamente diverse alternative, combinando i materiali e i diversi design per la bomba, in quello che oggi sarebbe definito un approccio di “concurrent engineering”, prima di giungere alla scelta del plutonio con design ad implosione (Lenfle e Loch, 2010). Inoltre, il progetto non venne condotto nell’equilibrio dei vincoli di tempo, costo e qualità, ma anzi, dovendo raggiungere nel minor tempo possibile dei target ambiziosi per quell’epoca, godette di un budget praticamente illimitato, e di strutture organizzative dedicate al fine di evitare conflitti di interessi e divisioni tra i vari dipertimenti (Garel, 2013; Lenfle e Loch, 2010).

Il progetto Polaris, che portò allo sviluppo dei primi missili balistici sottomarini con testate nucleari, fu il progetto nel quale venne fatto per la prima volta uso su larga scala della tecnica computerizzata Program Evaluation & Review Technique, più nota con l’acronimo PERT (Garel, 2013; Johnson, 2013; Lenfle e Loch, 2010). Il PERT è una delle tecniche reticolari, che utilizza un grafico avente per nodi le attività di progetto e per archi o frecce i vincoli di precedenza. La durata delle attività è espressa in chiave probabilistica, lo scopo di questa tecnica è l’elaborazione dei dati al fine di definire lo scheduling di ciascuna attività, la durata dell’intero progetto, ed effettuare l’analisi dei ritardi possibili fra le attività, individuando le attività più critiche da un punto di vista temporale (Tonchia, 2001, pp.53-55). Il PERT ebbe presto una notevole diffusione; nello stesso periodo di sviluppo del PERT, alla DuPont Company veniva sviluppato il Critical Path Method (CPM), il metodo del “cammino critico” (Kalchschmidt, 2010, p. 303; Hall, 2012). Nonostante l’utilizzo del PERT, secondo Lenfle e Loch (2010) anche il progetto Polaris e il suo predecessore Atlas vennero condotti con un approccio lontano dagli standard di project management, ricorrendo in entrambi i casi allo sviluppo in parallelo, agli approcci trial-and-error e alla flessibilità nella sperimentazione e alle modifiche delle specifiche progettuali.

Il cambiamento e il progressivo avvicinarsi alla vera e propria istituzionalizzazione delle pratiche di project management avvenne negli anni ’60. Superato il divario missilistico con l’URSS grazie ai progetti Atlas e Polaris, l’urgenza di raggiungere la “performance a tutti i costi” dei progetti di sicurezza nazionale lasciò progressivamente il posto all’esigenza di ottimizzare il rapporto tra i costi e le performance (Lenfle e Loch, 2010). Questo trend venne confermato dalle politiche di Robert McNamara, nominato da John Kennedy Segretario della Difesa degli Stati Uniti nel 1961. McNamara proveniva dalla Ford Corporation; durante gli anni ’50

l'industria automobilistica statunitense conobbe una rapida espansione del mercato, anche all'estero, e gli elementi chiave per il successo furono proprio la disciplina e il controllo dei costi (Lenfle e Loch, 2010). Anche nella riorganizzazione che condusse al Pentagono, McNamara si distinse per la sue capacità di analista: scelse Charles Hitch, nominandolo controller del Dipartimento della Difesa, e Alain Enthoven, entrambi economisti della RAND Corporation, dove avevano condotto studi di fattibilità tecnica combinati ai criteri economici per la valutazione costi e benefici di progetto (Johnson, 2013; Lenfle e Loch, 2010). Hitch e i suoi colleghi della RAND Corporation svilupparono uno strumento che sarebbe diventato famoso nell'ambito della pianificazione e del budgeting, il Program Planning and Budgeting System (PPBS), fornendo uno strumento di decisione scientifico basato sull'analisi dei sistemi, che consentiva di legare l'analisi economica all'analisi dei sistemi nella fase di valutazione iniziale di ogni progetto militare (Johnson, 2013; Lenfle e Loch, 2010). Grazie al PPBS, il Dipartimento della Difesa raggiunse una centralizzazione decisionale, e rese lo sviluppo lineare per fasi il modello di pianificazione dominante (Lenfle e Loch, 2010).

La consacrazione del modello per fasi avvenne definitivamente negli anni '70 grazie a Robert G. Cooper, che nell'ambito dello sviluppo prodotto presentò lo "stage-gate process" (Lenfle e Loch, 2010), consentendo una diffusione ancora maggiore del termine e della teoria sottostante. Nel frattempo, la diffusione di PERT e CPM si era propagata a tal punto che nei primi testi di project management queste tecniche venivano presentate come sinonimi del project management stesso, dove oltre ad essere enfatizzate le tecniche di programmazione, erano anche incluse le tematiche care alla riforma McNamara, quali l'approccio per sistemi e le attività di pianificazione ed il controllo (Johnson, 2013).

In questo contesto caratterizzato dalla spinta all'ottimizzazione i costi, dalla ricerca dell'efficienza, dall'utilizzo diffuso delle tecniche computerizzate di pianificazione basate sull'analisi dei sistemi, trovò terreno fertile negli Stati Uniti la nascita di una nuova organizzazione, il Project Management Institute, fondato nel 1969 per mano di cinque volontari (Garel, 2013). L'istituto si propose fin dall'inizio come un'associazione professionale, a supporto di ogni ambito dell'industria, partendo dal presupposto che i principi del project management siano gli stessi e possano essere applicati indipendentemente dal settore industriale di riferimento (Garel, 2013). Il Project Management Institute contribuì a divulgare ulteriormente l'approccio per fasi "stage-gate", promuovendolo nei vari rami dell'industria e nelle comunità di project

management (Lenfle e Loch, 2010). Fu così che nel giro di pochi anni il PMI riuscì ad imporre lo standard gestione per fasi del progetto, grazie all'introduzione nel 1986 del manuale "Project Management Body of Knowledge (PMBOK®)", e allo sviluppo di una certificazione proprietaria di project management affermata in tutto il mondo, il Project Management Professional (PMP)® (Garel, 2013). Si può dire quindi che a partire dalla nascita del Project Management Institute in poi, il project management ha potuto godere di uno standard riconosciuto, caratterizzato dal modello del ciclo di vita del progetto basato sulle fasi, ancora adesso largamente utilizzato.

## 2.6 CRITICA AL MODELLO TRADIZIONALE: L'AGILE PROJECT MANAGEMENT

Secondo l'approccio per fasi, la gestione del ciclo di vita del progetto è tanto più efficace, quanto più il progetto è caratterizzato dalla presenza di obiettivi chiari e definiti, e da quanto i mezzi e le modalità per raggiungere questi obiettivi siano facilmente identificabile e pianificabili (Lenfle e Loch, 2010). Tuttavia, queste premesse tendono a mancare in contesti incerti e dinamici, come ad esempio nell'ambito dello sviluppo nuovo prodotto ("New Product Development", o NPD), nei progetti di ricerca e sviluppo, o nelle iniziative di importanza strategica (Kettunen, 2009; Lenfle e Loch, 2010). Anche i principi "classici" di pianificazione e controllo tendono a perdere la propria validità in contesti instabili ed incerti, in quanto il numero delle variabili che influenza ed interagisce con il ciclo di vita del progetto può aumentare, con un effetto sempre meno prevedibile, mentre l'instabilità del contesto interno e dell'ambiente esterno al progetto può indebolire la possibilità di fare delle previsioni dettagliate ed affidabili (Paradiso e Ruffa, 2009, p. 152).

Per dare una serie di risposte alla necessità di combattere l'incertezza del mercato e l'imprevedibilità della domanda, a partire dagli anni '90 all'interno delle teorie organizzative e della produzione incominciò ad affermarsi il filone dell'agile manufacturing (Kettunen, 2009). L'agile manufacturing fu una naturale evoluzione del lean manufacturing (Mengoni et al., 2008), e anche se ad oggi non esiste una sua chiara definizione, i concetti "agili" più ricorrenti che si trovano in letteratura possono essere riassunti nella capacità delle imprese di sopravvivere e prosperare in un contesto instabile, attraverso una reazione veloce ed efficace ai mercati in

evoluzione (Gunasekaran 1998), nell'abilità delle aziende di rispondere ai cambiamenti della domanda, sia in termini di volume che di varietà produttiva (Christopher 2000) incontrando i requisiti dei clienti in termini di prezzo, specifiche, qualità, quantità e rispetto delle consegne (Katayama e Bennett, 1999), mediante l'integrazione di risorse riconfigurabili, cambiamento nei sistemi, nelle strutture e nell'organizzazione (Mengoni et al., 2008; Gunasekaran and Yusuf, 2002; Yusuf et al. 1999). La modularità di prodotto, il concurrent engineering e la virtual enterprise, sono alcune delle strategie note per implementare l'"agility" in produzione (Mengoni et al., 2008).

Progressivamente, verso la fine degli anni '90, i principi agili incominciarono ad affermarsi anche nel project management. In particolare, nell'ambito dello sviluppo software stavano emergendo in quegli anni tematiche e sfide simili a quelle che l'agile manufacturing aveva appena incominciato ad affrontare in ambito produttivo (Kettunen 2009). Fu così che nel 2001 venne pubblicato l'Agile Manifesto (Agile Alliance, 2001), con l'intento di proporre una nuova metodologia per i progetti di sviluppo software (Hall, 2012; Kettunen 2009).

L'Agile Manifesto presentò da subito alcuni interessanti concetti, contenuti nella sua definizione e nei dodici principi che seguirono: l'importanza degli individui e della comunicazione all'interno dei team di lavoro, la collaborazione e la soddisfazione del cliente al primo posto, il cambiamento dei requisiti e dei piani come "ordinaria amministrazione" e non come danno da minimizzare, il rilascio frequente di output di valore, l'autorganizzazione dei team di progetto, l'eccellenza tecnica e la semplicità (Agile Alliance, 2001; Hall, 2012). Molti di questi aspetti vennero poi ripresi nelle definizioni successive di agile project management (APM) e di agile software development, anche se, analogamente a quanto successe per l'Agile Manufacturing, in letteratura non esistono delle definizioni universali di queste teorie (Kettunen, 2009). Tuttavia, nonostante l'assenza di una chiara ed univoca definizione, esistono dei temi ricorrenti che si possono sempre ritrovare nella letteratura dell'agile project management: tra questi, l'idea che il project management agile sia uno strumento flessibile per i project managers, in grado di fornire loro un mezzo adeguato per affrontare la complessità e l'incertezza nei contesti di progetto (Fernandez e Fernandez, 2008).

Secondo Highsmith (2004), uno dei co-autori dell'Agile Manifesto e socio fondatore di The Agile Alliance, l'APM ha cinque obiettivi chiave: innovazione continua, adattabilità di prodotto, miglioramento del time-to-market, adattabilità delle persone e dei processi, e affidabilità dei risultati. A questi obiettivi egli affianca sei valori chiave: sviluppo iterativo guidato dalle funzionalità, fornire valore al cliente, promuovere l'eccellenza tecnica, costruire team adattivi, incoraggiare l'esplorazione e semplificare (Highsmith, 2004). Secondo Hass (2007), sono nove gli elementi chiave che costituiscono le basi dell'APM: organizzazione del lavoro mediante controllo visivo, team di lavoro ad alte prestazioni ed in prossimità del cliente finale, sviluppo tramite test, controllo adattivo, sviluppo collaborativo, sviluppo incentrato sulle funzionalità, leadership e collaborazione al posto del comando e del controllo, attenzione ai ricavi (intesi anche come valore per il cliente finale) piuttosto che ai costi, e lesson learned. Secondo Augustine (2005, p.21-22), la metodologia agile ha le seguenti nozioni di base: rilascio di piccole porzioni di lavoro, sviluppo iterativo ed incrementale, team localizzati ed in prossimità del cliente, sviluppo di un piano dei rilasci, sviluppo di un piano delle iterazioni, team auto-organizzati, tracking, lavoro semplice, snello ed adattabile, lavoro in coppia e sviluppo tramite test (quest'ultime due caratteristiche sono specifiche della programmazione software eXtreme). Inoltre sempre secondo l'autore, l'APM può essere implementato attraverso sei pratiche: costituzione di team organici, presenza di una visione guida, definizione di regole semplici, accesso aperto all'informazione, "light touch" per un controllo intelligente e leadership adattiva (Augustine 2005, p.25). Nella Tabella 2.3 Sintesi Di alcuni dei principi dell'agile project management Tabella 2.3 è riportata una sintesi di alcuni principi fondamentali dell'agile project management da un'analisi dei contributi dell'Agile Alliance (2001), Highsmith (2004), Augustine (2005), e Hass (2007). Come si evince dai suoi principi, l'APM è particolarmente indicato per i progetti non – deterministici, ossia quei progetti per i quali la configurazione finale del prodotto che deve essere sviluppato non è nota dall'inizio ma si rivela solo dopo diversi sviluppi (Hall, 2012). Tuttavia, è solo nel campo del software development che l'agile project management ha raggiunto un certo grado di implementazione, con l'affermarsi di vere e proprie metodologie, come la metodologia SCRUM, che deve il suo nome al gioco del rugby (Takeuchi e Nonaka, 1986), l'eXtreme Programming, e il Feature-Driven Development (FDD). Nonostante siano presenti esempi in letteratura che mostrano come i principi dell'APM possano essere applicati anche in altri settori, ad es. il settore delle costruzioni (Owen et al., 2006), o progetti di sviluppo di prodotti

innovativi (Conforto e Amaral, 2008), l'ambito dello sviluppo software rimane principalmente il contesto nel quale l'APM ha portato è stato maggiormente applicato con successo (Hall, 2012).

| Principio  | Riferimenti  |
|--|--|
| 1. Centralità del "customer value", collaborazione e coinvolgimento del cliente  | - Agile Alliance (2001)<br>- Highsmith (2004)<br>- Augustine (2005, p.20)<br>- Hass (2007) |
| 2. Sviluppo iterativo ed incrementale guidato dalle funzionalità. Rilascio frequente di piccole porzioni di lavoro opportunamente priorizzate  | - Highsmith (2004)<br>- Augustine (2005, p.21)   |
| 3. Sviluppo guidato dai test e dai prototipi   | - Hass (2007)<br>- Augustine (2005, p.22)  |
| 4. Presenza di team di lavoro di dimensioni ridotte, comunicazione efficace tra tutti i membri, team localizzato in prossimità del cliente   | - Augustine (2005, p.21-25)<br>- Hass (2007)   |
| 5. Auto-organizzazione come driver per adattarsi al cambiamento: connessioni tra i membri del team, early feedbacks, ridondanza delle funzioni, logiche collaborative e scambio delle informazioni | - Highsmith (2004)<br>- Augustine (2005, p.22)<br>- Hass (2007)                            |
| 6. Regole semplici   | - Highsmith (2004)<br>- Augustine (2005, p.27)   |

**Tabella 2.3 Sintesi Di alcuni dei principi dell'agile project management individuati dall'analisi della letteratura**

## 2.7 PROJECT MANAGEMENT E COMPLESSITÀ

Molti concetti "agili" trovano le proprie origini nei principi della teoria della complessità, che investiga il modo in cui ordine, struttura, e modelli possono emergere da sistemi apparentemente complicati e caotici e, viceversa, di come comportamenti e strutture complesse siano in grado di emergere da regole apparentemente semplici (Cicmil et al., 2009; Cooke-Davies et al., 2007).

Intorno agli anni '90-2000, ossia nello stesso periodo di diffusione delle pratiche agili, sono comparsi in letteratura diversi contributi che hanno investigato gli aspetti derivanti dalla teoria della complessità, e dei sistemi complessi, applicandoli alle discipline organizzative e manageriali. Nel 1998, Brown e Eisenhardt descrivono il cambiamento strategico delle aziende in contesti turbolenti e molto competitivi attraverso le lenti della teoria della complessità, Anderson (1999) propone i sistemi adattivi complessi per studiare nuovi modelli organizzativi, mentre Fuller e Moran (2001) li applicano allo studio delle piccole e medie imprese. Nel 2003 Volberda e Lewin si focalizzano sullo sviluppo di dinamiche co-evolutive tra le imprese, Dagnino nel 2004 applica l'approccio dei sistemi complessi alla resource-based-theory e alla capability-based-theory, Tilebein (2006) studia i sistemi adattivi complessi come una prospettiva per approcciare efficienza ed innovazione. Tra gli esempi più recenti, nel 2007 l'Harvard Business Review pubblica l'articolo di Snowden e Boone, dove gli autori propongono un framework per il decision making, introducendo e spiegando il concetto di complessità ed alcuni basilari aspetti della teoria della complessità. Qualche anno più tardi, nel 2011, sempre l'Harvard Business Review pubblica l'articolo di Sargut e Gunther McGrath "Learning to Live with Complexity. How to make sense of the unpredictable and the undefinable". L'articolo descrive le sfide che le organizzazioni sono chiamate ad affrontare oggi, in un contesto dove la prevedibilità dell'ambiente esterno, la numerosità delle interazioni ed il tipo di legami portano a nuovi scenari e a comportamenti difficilmente prevedibili. In analogia con un sistema complesso, le organizzazioni vengono paragonate ad un sistema caratterizzato da molteplicità, numerosità, interdipendenza e diversità degli elementi potenzialmente interagenti, da gestire opportunamente tenendo conto del grado di complessità, dell'incertezza e dell'imprevedibilità delle evoluzioni (Sargut e McGrath, 2011).

L'interesse del mondo accademico ai concetti della teoria della complessità è quindi presente da diversi anni nelle discipline manageriali. Va ricordato che, in generale, il termine "complessità" racchiude varie sfaccettature nella sua definizione:

1. Richiama l'essere *complesso*, dal latino *cum plexum*, dove *plexum* sta ad indicare il nodo, l'interconnessione, la difficoltà a ridurre un intreccio nelle sue componenti elementari (De Toni e Comello, 2010).

2. Denota la caratteristica propria dei *sistemi complessi*, ossia quei sistemi caratterizzati da un numero di elementi qualitativamente differenti e aventi diverse connessioni non lineari tra gli elementi (De Toni e Comello, 2010).

Quando si parla di complessità, si vede come da un lato c'è un richiamo agli aspetti che costituiscono le dimensioni della complessità, all'interesse di comprendere le singole componenti e le loro relazioni, con l'obiettivo di fornire soluzioni e spiegazioni a fenomeni difficilmente decifrabili nel loro insieme. Dall'altro, invece c'è l'attenzione allo studio della teoria della complessità, al fine di capire quali degli aspetti legati ai sistemi adattivi complessi possa essere utilizzato per interpretare delle dinamiche nelle organizzazioni e nel management. Questo "dualismo della complessità" si ritrova anche nella letteratura del project management, dove è possibile distinguere due filoni in letteratura (Geraldi, 2009; Geraldi et al., 2011)

1. Il filone che studia la complessità di progetto (*project complexity*), che ha l'obiettivo di descrivere e di identificare le caratteristiche dei progetti complessi, e di come gli individui e le organizzazioni siano in grado di fronteggiare tale complessità (Geraldi et al., 2011). Visti i risvolti pratici, questo filone ha maggiormente interessato gli ambiti professionali collegati al project management, e la relativa letteratura.
2. Il filone che studia la teoria della complessità applicata al project management, che si occupa di leggere aspetti e pratiche del project management attraverso la lente della Teoria della Complessità (Whitty e Maylor, 2009; Geraldi et al., 2011).

### 2.7.1 LA COMPLESSITÀ DI PROGETTO

Tra i primi contributi che trattano di project management e complessità, troviamo l'articolo di Baccarini "The concept of project complexity – a review", pubblicato nell'International Journal of Project Management nel 1996. Nel suo lavoro, l'autore critica la scarsa attenzione che fino a quel momento la letteratura aveva prestato alle tematiche legate alla complessità di progetto, e ne propone una definizione in termini di differenziazione e interdipendenza, applicandola ai due aspetti ritenuti più rilevanti per il project management, ossia la complessità organizzativa, e la complessità tecnologica. La Tabella 2.4 mostra le definizioni proposte dall'autore,

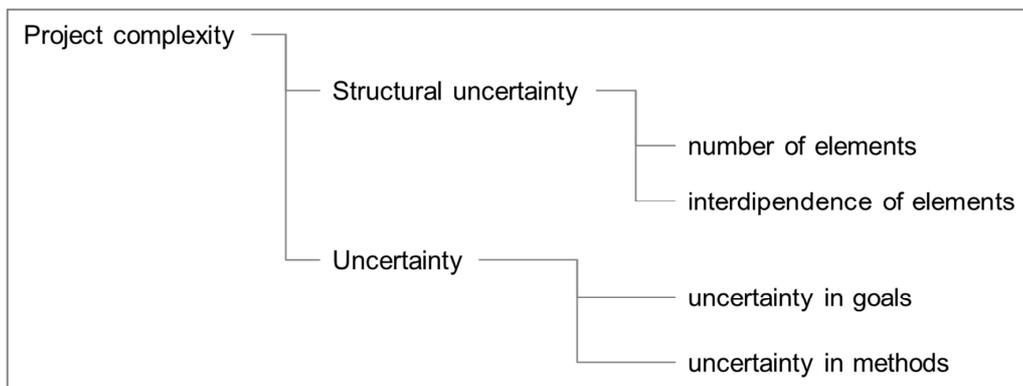
con particolare riferimento al settore delle costruzioni. Baccarini conclude la sua revisione sottolineando come la differenziazione e l'interdipendenza debbano essere opportunamente gestite mediante l'integrazione, in termini di coordinamento, comunicazione e controllo, ad opera del management (Baccarini, 1996).

|                           | Differenziazione   | Interdipendenza   |
|---------------------------|--|---|
| Complessità Organizzativa | 1) Differenziazione Verticale: numero di livelli gerarchici<br>2) Differenziazione Orizzontale:<br>a. Unità organizzative: numero di unità organizzative formali (es. dipartimenti, gruppi)<br>b. Struttura delle attività:<br>i. Divisione del lavoro<br>ii. Specializzazione del personale | Livello di interdipendenza e interazione tra gli elementi organizzativi del progetto:<br>1) Aggregato<br>2) Sequenziale<br>3) Reciproco   |
| Complessità Tecnica       | Varietà e diversità degli aspetti di un'attività da svolgere:<br>- Numero e diversità degli input e/o output<br>- Numero delle diverse azioni che concorrono alla realizzazione di un prodotto finito del progetto<br>- Numero dei subfornitori coinvolti                                    | Interdipendenza:<br>- tra le attività da svolgere<br>- all'interno di un insieme di attività<br>- tra gruppi<br>- tra differenti tecnologie<br>- tra input<br>L'interdipendenza tecnologica - come quella organizzativa - può essere:<br>1) Aggregata<br>2) Sequenziale<br>3) Reciproca |

**Tabella 2.4 Dimensioni della complessità progettuale (Adattato da Baccarini, 1996)**

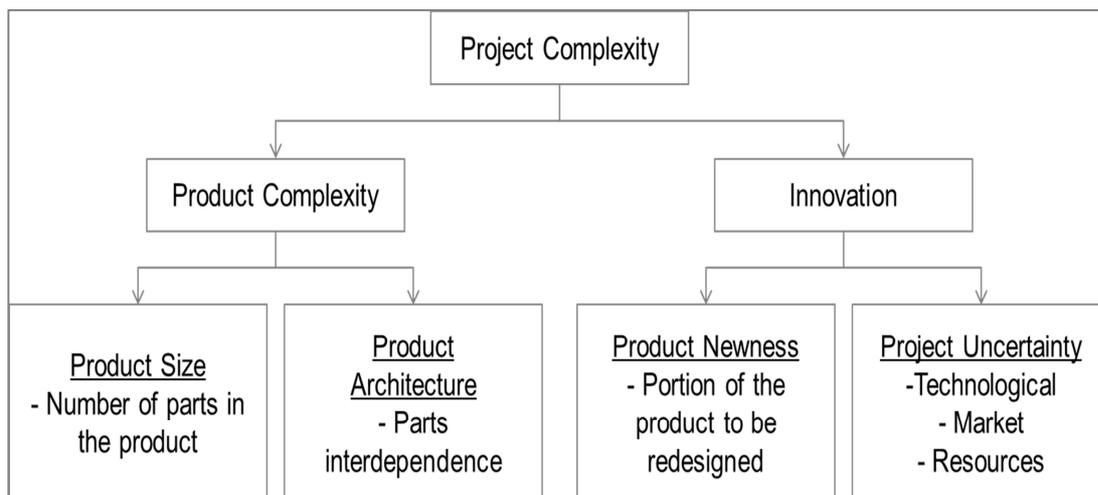
Williams (1999) incorpora le dimensioni di differenziazione e interdipendenza proposte da Baccarini in un termine che definisce *complessità strutturale*, e propone un'ulteriore dimensione della complessità, ossia l'*incertezza*. Secondo Williams, l'incertezza porta un ulteriore elemento all'idea di complessità di progetto, da considerare come una sua dimensione costituente (Williams, 1999). Utilizzando l'incertezza come chiave per leggere la complessità, l'autore propone quindi due diverse dimensioni della complessità di progetto, ognuna delle quali viene divisa in ulteriori due sotto-dimensioni. La prima dimensione è l'incertezza strutturale, che in linea con le definizioni di Baccarini, include le sotto-dimensioni costituite dal numero di elementi di un progetto, e dall'interdipendenza di questi elementi. La seconda dimensione è l'incertezza, che include le sotto-dimensioni legate all'incertezza negli obiettivi, ossia quanto siano ben definiti gli obiettivi del progetto, e l'incertezza nei

metodi, ossia quasi siano ben definiti i metodi e i mezzi per raggiungere tali obiettivi (Figura 2.8)



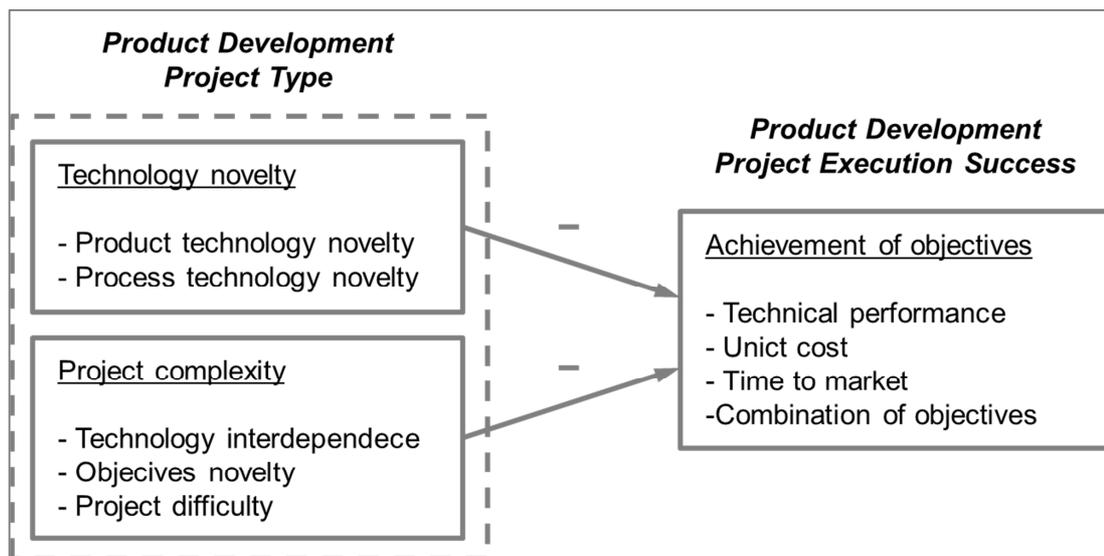
**Figura 2.8 Incertezza come dimensione della complessità di progetto (fonte: Williams, 1999)**

Nel 2004 Dawidson et al. riprendono i concetti di complessità strutturale ed incertezza enunciati da Williams, e li utilizzano per uno studio applicato al settore delle telecomunicazioni, mentre nel 2006 Lebcir applica il modello proposto da Williams ai progetti di sviluppo nuovo prodotto (NPD-New Product Development), andando a descrivere i fattori che contribuiscono alla complessità di progetto. Nella prospettiva dei progetti di sviluppo nuovo prodotto l'incertezza strutturale è rappresentata dalla complessità di prodotto, e si differenzia nelle sotto-categorie dimensione del prodotto, composto dal numero delle parti del prodotto, e architettura del prodotto, costituita dall'interdipendenza delle parti (Lebcir, 2006). L'incertezza è invece rappresentata dall'innovazione che ogni nuovo prodotto porta con sé, e può essere originata da una diversa progettazione di prodotto, o da nuove tecnologie di prodotto o processo (Lebcir, 2006), Figura 2.9.



**Figura 2.9** Applicazione del modello dell'incertezza di Williams a progetti di sviluppo nuovo prodotto (Fonte: Lebcir, 2006)

Tatikonda e Rosenthal (2000) riprendono entrambi i concetti di complessità di Baccarini e Williams, e li applicano anch'essi allo studio di progetti di sviluppo prodotto. L'incertezza è valutata in termini di novità nella tecnologia di prodotto e di processo, e gli autori valutano il contributo della complessità strutturale e dell'incertezza dei task, e il loro impatto sui risultati di progetto in termini di prestazioni tecniche, costo unitario, time-to-market e combinazione dei vari obiettivi di progetto (Tatikonda e Rosenthal, 2000). La complessità strutturale e l'incertezza continuano ad essere riprese anche da Shenhar nel 2001, dove egli propone una differenziazione dell'incertezza tecnologica e della complessità sistemica, distinguendo per la prima quattro diversi tipi a seconda del livello di tecnologia (bassa, media, alta, "super-alta"), mentre a livello di sistema è proposta una distinzione a seconda del livello di gerarchia dei sistemi e sottosistemi (assemblaggio di componenti e moduli, costruzione e sviluppo di sotto-sistemi ed elementi interagenti, costruzione e sviluppo di un'ampia collezione di sistemi funzionanti).



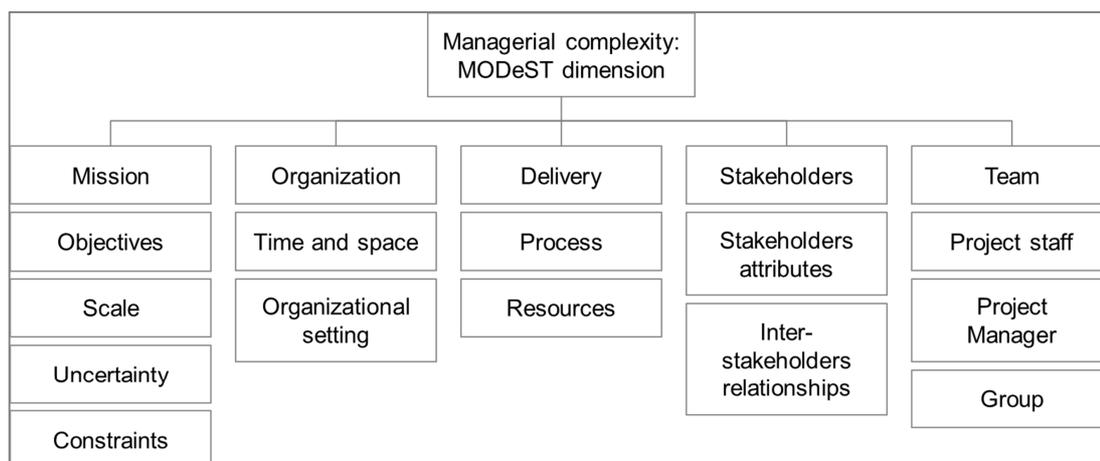
**Figura 2.10 Schema concettuale delle caratteristiche e del successo del progetto (Fonte: Tatikonda e Rosenthal, 2000)**

Camci e Kotnour (2006) classificano la complessità tecnologica in complessità di prodotto e complessità dei metodi. Raccogliendo alcuni principali contributi in letteratura, tra cui Baccarini e Tatikonda, declinano la complessità di prodotto nelle variabili novità, numero dei sotto-sistemi del prodotto, impatto del cambio di design da un sotto-sistema ad un altro, mentre la complessità dei metodi, in termini di processo, strumenti e tecniche, che il progetto utilizza allo scopo di realizzare il prodotto, è definita secondo la novità delle tecnologie produttive, il numero dei processi produttivi, e l'impatto del cambiamento per il passaggio da un processo produttivo ad un altro (Camci e Kotnour, 2006).

L'incertezza come elemento dominante della complessità di progetto lo si ritrova anche in Pich et al. (2002) dove in questo caso è espressa come adeguatezza delle informazioni disponibili. Lo studio di Olausson e Berggren (2010) mostra invece come la gestione contemporanea della complessità e dell'incertezza nei progetti di ricerca e sviluppo possa necessitare di un approccio integrato basato su metodi di project management formali ed informali, di comunicazione interattiva, di trasparenza e di un approccio basato su un sistema partecipativo (Olausson e Berggren, 2010). Il rapporto tra complessità di progetto e comunicazione è invece studiato da Senescu et al. (2013).

L'aspetto "sociale", applicato al settore delle costruzioni, è invece investigato da Cicmil e Marshall (2005), i quali propongono una panoramica sugli interventi adeguati, sulle conoscenze e abilità più adatte da inserire nella gestione del

progetto visto come un complesso impianto sociale. L'aspetto della complessità manageriale è invece trattato da Maylor et al. (2008). Nel loro modello ad albero sono rappresentate cinque dimensioni della complessità di progetto: *mission*, *organizzazione*, *consegna*, *stakeholders* e *team*. La mission riguarda gli obiettivi di progetto, ossia definizione di una chiara vision e allineamento con la strategia dell'organizzazione, la dimensione del progetto, in termini di numero di deliverables, risorse, budget, l'incertezza, ossia la valutazione delle implicazioni, durata temporale, urgenza, interdipendenza, novità nella tecnologia, nel mercato e infine i vincoli, se esistenti in termini di confidenzialità, sicurezza, health & safety e di tipo legislativo (Maylor et al., 2008). L'organizzazione tratta gli aspetti organizzativi veri e propri del progetto, ad esempio se dove sono collocati geograficamente i membri del team, la numerosità dei componenti del team, il tipo di interazioni, il fit con la struttura organizzativa, la presenza di un cambiamento organizzativo, l'allineamento con la struttura aziendale, etc. (Maylor et al., 2008). La "consegna" (delivery) riguarda invece il processo, in termini di gestione amministrativa, attività di decision making, processi e metodologie di gestione del progetto, e le risorse, in termini di risorse umane, tecniche e finanziarie (Maylor et al. 2008). Gli stakeholders sono invece descritti tramite degli attributi (identificazione degli stakeholders, supporto al progetto, relazioni, esperienza, forza, aspetti chiave) e tramite le relazioni (sociopolitiche, e interdipendenze) (Maylor et al., 2008). Il team infine, che conclude la panoramica delle dimensioni della complessità manageriale nelle organizzazioni per progetto (project-based organizations) secondo gli autori, è descritto secondo tre dimensioni: project staff, project manager e gruppo. La figura XX mostra la caratterizzazione delle dimensioni della complessità manageriale secondo gli autori in quello che loro definiscono "MODEST dimensions" (Maylor et al., 2008)



**Figura 2.11** Rappresentazione del modello MODeST (Fonte: Maylor et al., 2008)

Froese (2010) riprende il concetto di diversità, intesa come numero e varietà dei componenti, e di interdipendenza, intesa come integrazione, numero di interconnessioni e interazioni. Descrivendo le principali caratteristiche dei sistemi complessi, illustra come queste siano tipicamente presenti e riconoscibili anche nei progetti nel settore delle costruzioni. Froese descrive i sistemi complessi costituiti da una molteplicità di diverse entità e di parti, dove i componenti formano una rete di connessioni causali tra i componenti, e ogni parte condiziona l'altra. Se il sistema viene ridotto in singole parti, queste non sopravvivono come singole entità, in quanto il loro comportamento e funzionamento è legato all'insieme. Le parti interagiscono con l'ambiente esterno, la loro sinergia complessiva è maggiore della singola somma delle parti, e il loro comportamento segue un comportamento non-lineare (Froese, 2010). L'autore quindi riconduce buona parte di queste caratteristiche al settore delle costruzioni, evidenziando come nel caso della costruzione di un edificio, questo sia costituito da molte parti, in realtà singolarmente complesse, ma numerose e interconnesse tra loro, con numerose ed importanti relazioni causali tra loro (Froese, 2010).

Tuttavia, a più di dieci anni di distanza dal contributo del 1996 di Baccarini, ritroviamo in letteratura ancora poca chiarezza rispetto al concetto di complessità di progetto, e un crescente interesse da parte di diversi autori di fornire definizioni maggiormente condivise. Dal 2010 circa in poi, si sono susseguite infatti varie pubblicazioni, tutte atte a fornire delle migliori definizioni delle dimensioni e della misura della complessità di progetto, proponendo dei framework per l'analisi della complessità. Ad esempio, Vidal e Marle (2008) giungono alla conclusione che la

complessità di progetto possa essere classificata in quattro famiglie, ognuna delle quali comprende diversi fattori: fattori legati alla dimensione del progetto, fattori riferiti alla varietà di progetto, fattori che riguardano interdipendenze e interrelazioni all'interno del sistema progetto e fattori legati alla dipendenza del contesto (Vidal e Marle, 2008; Vidal et al., 2010). Essi propongono un framework che elabora questi concetti, e, in accordo con la classificazione di Baccharini, lo propongo sia sotto l'aspetto della complessità organizzativa, sia sotto l'aspetto della complessità tecnologica (Tabella 2.5 Definizione di complessità organizzativa (fonte: Vidal e Marle, 2008) Gli stessi autori propongono inoltre una loro definizione di complessità di progetto: “[...] *project complexity is the property of a project which makes it difficult to understand, foresee and keep under control its overall behaviour, even when given reasonably complete information about the project system. Its drivers are factors related to project size, project variety, project interdependence and project context.*” (Vidal e Marle, 2008)

|                                  | Project system size  | Project system variety   | Interdependencies within the project system  | Elements of context   |
|----------------------------------|--|--|--|---|
| <i>Organizational complexity</i> | Duration of the project<br>Largeness of capital investment<br>Number of activities<br>Number of companies/projects sharing their resources<br>Number of decisions to be made<br>Number of deliverables<br>Number of departments involved<br>Number of hierarchical levels<br>Number of information systems<br>Number of investors<br>Number of objectives<br>Number of stakeholders<br>Number of structures/groups/teams to be coordinated<br>Staff quantity | Diversity of staff (experience, social span ...)<br>Geographic location of the stakeholders (and their mutual disaffection)<br>Variety of financial resources<br>Variety of hierarchical levels within the organization<br>Variety of information systems to be combined<br>Variety of organizational interdependencies<br>Variety of organizational skills needed<br>Variety of project management methods and tools applied<br>Variety of the interests of the stakeholders<br>Variety of the stakeholders' status | Availability of people, material and of any resources due to sharing<br>Combined transportation dependencies between schedules<br>Dependencies with the environment<br>Dynamic and evolving team structure<br>Interconnectivity and feedback loops in the task and project networks<br>Interdependence between actors<br>Interdependence between sites, departments and companies<br>Interdependence of information systems<br>Interdependence of objectives<br>Level of interrelations between phases<br>Number of interfaces in the project organization<br>Processes interdependence<br>Relations with permanent organizations<br>Stakeholders interrelations<br>Team cooperation and communication | Competition<br>Cultural configuration and variety<br>Environment complexity (networked environment)<br>Institutional configuration<br>Local laws and regulations<br>New laws and regulations<br>Organizational degree of innovation |

**Tabella 2.5 Definizione di complessità organizzativa (fonte: Vidal e Marle, 2008)**

|                                 | Project system size   | Project system variety  | Interdependencies within the project system  | Elements of context  |
|---------------------------------|---|---|--|--|
| <i>Technological complexity</i> | Number and quantity of resources<br>Largeness of scope (number of components, etc.) | Variety of resources to be manipulated<br>Variety of the product components<br>Variety of technological dependencies<br>Variety of technological skills needed<br>Variety of the technologies used during the project | Interdependence between the components of the product<br>Resource and raw material interdependencies<br>Specifications interdependence<br>Technological processes dependencies | Competition<br>Cultural configuration and variety<br>Demand of creativity<br>Environment complexity (networked environment)<br>Institutional configuration<br>Local laws and regulations<br>New laws and regulations<br>Scope for development<br>Significance on public agenda<br>Technological degree of innovation |

**Tabella 2.6 Definizione di complessità tecnologica (fonte: Vidal e Marle, 2008)**

Bosch Rekvelott et al. (2011) propongono invece un framework per caratterizzare i progetti di grande ingegneria mediante un framework che chiamano TOE (Technical, Organizational, Environmental). Partendo prima da una revisione della letteratura, poi attraverso un caso studio, gli autori giungono ad una proposta di 50 elementi in totale per definire gli elementi della complessità di progetto. Il framework TOE contiene molti elementi che si riferiscono alla complessità strutturale ed all'incertezza (Bosch-Rekvelott et al., 2011).

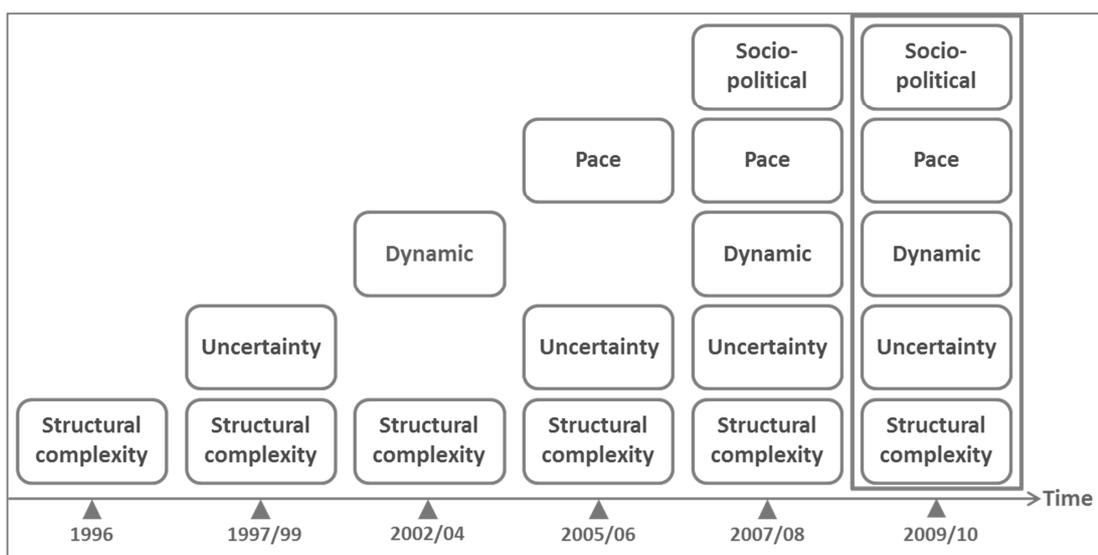
La gestione della complessità nei progetti di grande ingegneria è analizzata anche da Koppenjan et al. (2011), con un focus maggiore alle pratiche di project management. Gli autori identificano due tipi di project management, il Tipo 1 "predict-and-control", e il Tipo 2 "Prepare-and commit". Il primo, più tradizionale, caratterizzato dalla pianificazione ed dal controllo, con dettagliata definizione di task, sistemi di incentivi basati sulle attività svolte, cambiamento visto come evento da contrastare, scambio di informazioni limitato e standard; il secondo approccio invece, dove i task sono definiti in maniera ampia e non dettagliata al fine di stimolare la cooperazione, gli incentivi sono basati sull'output complessivo e non sulla singola attività, il cambiamento va facilitato per quanto possibile, e non contrastato, e lo scambio di informazioni è aperto e informale (Koppenjan, 2011).

| Predict-and-control versus prepare-and-commit. |                           |                              |
|--|---------------------------|------------------------------|
|  | Type I                    | Type II                      |
|  | Predict-and-control       | Prepare-and-commit           |
| Terms of Reference                             | Blueprin                  | Functional                   |
| Task definition                                | Narrow for best control   | Broad for best cooperation   |
| Contract                                       | Task execution            | Functional realisation       |
| Incentives                                     | Work-task based           | System-output based          |
| Change   | Limit as much as possible | Facilitate as much as needed |
| Steer  | Hierarchical              | Network                      |
| Information exchange                           | Limited, standardised     | Open, unstructured           |
| Interface management                           | Project management task   | Shared task                  |

**Tabella 2.7 Modelli di project management: “Predict-and-control” vs. “Prepare and commit”**  
(Fonte: Koppenjan, 2011).

Tuttavia il contributo che forse più chiaramente fornisce una panoramica chiara e dettagliata della definizione delle dimensioni della complessità di progetto è l'articolo di Geraldi et al. (2011). Già nel 2009, Geraldi aveva evidenziato l'importanza di definire e valutare la complessità di progetto, al fine di migliorare la comprensione del progetto (Geraldi, 2009). In questo articolo gli autori partono da una revisione sistematica della letteratura, e dopo un'analisi di dettaglio condotta su 25 contributi rilevanti che trattano le tematiche di complessità di progetto, giungono ad una proposta di modello che include cinque dimensioni: complessità strutturale, incertezza, dinamicità, passo e complessità socio-politica. Nel loro framework, Geraldi et al. mostrano inoltre come la definizione di queste dimensioni si sia evoluta negli anni: appare evidente che le prime definizioni in letteratura, che parlano di complessità di progetto siano in linea con i lavori di Baccharini e Williams. Nel termine complessità strutturale ritroviamo i concetti di differenziazione, intesa come diversità, varietà, dimensione, numero degli elementi, e il concetto di interdipendenza, intesa come integrazione degli elementi, interazioni di processo, numero di livelli e funzioni organizzative coinvolte. A seguire, si trova l'incertezza, sempre in linea con la definizione di Williams, che viene descritta come quella dimensione che misura il grado di esperienza, il grado di novità e il livello di ambiguità e disponibilità di informazioni o conoscenza riguardo ad un determinato aspetto del progetto (Geraldi et al., 2011). Dopo la complessità strutturale e l'incertezza, troviamo la dinamicità, intesa come cambiamento nel progetto, nelle

specifiche o negli obiettivi, nel team, nell'organizzazione; poi troviamo il passo, che ingloba gli aspetti temporali legati all'esecuzione del progetto, e infine l'ambito socio-politico, termine ampio che mira a descrivere gli aspetti della complessità di progetto comparsi nella più recente letteratura, e che riguarda gli aspetti legati al comportamento e alle azioni degli stakeholders, ai comportamenti degli attori coinvolti, all'influenza dell'ambiente esterno (Geraldi, 2011).



**Tabella 2.8 Evoluzione della definizione delle dimensioni della complessità di progetto (adattato da Geraldi et al., 2011)**

Per quanto riguarda i settori industriali maggiormente di interesse nello studio della complessità nel project management, troviamo sicuramente quello delle costruzioni, dove sono presenti diversi contributi in letteratura come Baccarini (1996), Cicmil et al. (2005), Froese (2010). Questo non sorprende, in quanto notoriamente il settore delle costruzioni è di fatto uno sei settori più citati nella letteratura del project management. Tuttavia, le tematiche della complessità sono analizzate anche in altri ambiti, come ad esempio nello sviluppo nuovo prodotto (Tatikonda e Rosenthal, 2000; Lebcir 2006), in ambito informatico (Daniels & LaMarsh, 2007), nelle telecomunicazioni (Senescu et al. 2013, Dawidson et al. 2004, ) nei progetti di grande ingegneria (Koppenjan et al. 2010, Bosch Rekvelott et al., 2011), nella ricerca e sviluppo (Olausson e Berggren, 2010).

La dimensione della complessità nel project management è stata inoltre studiata in contrapposizione ad altri aspetti organizzativi e manageriali: Williams e Samset (2010) studiano l'allineamento tra la strategia organizzativa ed il progetto, in contesti

di complessità dovuti in particolare alla relazione e contrapposizione con i processi decisionali legati al progetto. Ahern et al. (2013) esplorano il project management complesso in termini di problem solving complesso, con una prospettiva legata alle pratiche della gestione della conoscenza aziendali. Mala e Çil (2009) studiano la complessità di progetto in sistemi basati su agenti. Enberg et al. (2010) valutano l'integrazione della conoscenza all'interno del team in progetti caratterizzati da elevata complessità.

## 2.7.2 TEORIA DELLA COMPLESSITÀ APPLICATA AL PROJECT MANAGEMENT

Diversi sono gli autori che hanno applicato i principi della teoria della complessità alle pratiche del project management. Nel 2006, Winter et al. riportano che la teoria della complessità applicata al project management è la prima delle cinque direzioni di ricerca future nell'ambito della gestione dei progetti. Essi sottolineano come si debba passare da un modello basato sul ciclo di vita del progetto (lifecycle-based model) al *“development of new models and theories which recognize and illuminate the complexity of projects and project management, at all levels”* (Winter et al., 2006).

Per quanto riguarda libri e manuali, troviamo pubblicazioni recenti, a dimostrazione dell'attuale interesse nei confronti della disciplina. Ad esempio il libro *“Managing complex projects: A new model”* di K. Hass (2009), testo già presentato all'interno di questa tesi, si nota come questo sia citato molte nelle pubblicazioni accademiche che trattano di complessità e project management. L'autrice propone lo strumento chiamato Project Complexity Model, come strumento di diagnosi in grado di restituire una valutazione della complessità dei progetti, e inoltre fornisce una serie di consigli e pratiche per applicare quello che lei definisce *“pensiero della complessità”* (Hass, 2009). Un altro testo che tratta in maniera esplicita la scienza della complessità applicata al project management è *“Complexity Theory and Project Management”* di W. Curlee e R. L. Gordon (2011). Questo testo parte da una critica al PMBOK®, accusandolo di non considerare le dinamiche complesse e le evoluzioni non-lineari che possono caratterizzare i progetti. Gli autori propongono una serie di concetti, quali la creazione di progetti virtuali, l'organizzazione in piccoli team di progetto, e descrivono diversi casi studio utili a capire l'applicazione dei

principi complessi alla gestione dei progetti. Un testo che ha senz'altro ispirato questa ricerca è "Il project management emergente – Il progetto come sistema complesso", a cura di F. Varanini e W. Ginevri. Questo libro è piuttosto significativo, in quanto nonostante sia una pubblicazione del Project Management Institute, che pubblica il PMBOK® da anni, il testo illustra una chiave di lettura del progetto alternativa alla visione tradizionale del project management. Nel capitolo di Paradiso e Ruffa (2009), sono messi in evidenza i limiti di alcuni pilastri della gestione dei progetti, quali ad esempio il concetto di pianificazione e controllo, o l'utilizzo della work breakdowns structure, e viene dato spazio ad alcune proposte per migliorare la gestione dei progetti complessi, ispirate dai principi della scienza della complessità. La Tabella 2.9 mostra i limiti del project management tradizionale, confrontandoli le proposte degli autori.

Tra i primi contributi accademici troviamo Jafaari, che nel 2003 propone un modello "creativo-riflessivo" (creative-reflective model) per gestire progetti in contesti caratterizzati da elevata complessità ambientale e alta complessità progettuale. In questo modello, che poggia le proprie basi sui principi dell'auto-organizzazione, gli individui coinvolti nel progetto possiedono ampio potere, sono inclini al cambiamento, con funzioni che trascendono l'approccio razionale basato sui processi, e prediligono un approccio creativo, attraverso il quale sono capaci di raggiungere svolte e soluzioni in grado di rispondere sia alla complessità ambientale, che di progetto (Jafaari, 2003). Nel modello, il project manager è riflessivo, attento all'ambiente circostante, alla ricerca di nuove informazioni ed esperienze e focalizzato al raggiungimento dell'obiettivo; ha la capacità di condurre il cambiamento, è competente nell'utilizzo di strumenti e tecniche professionali, ma è anche di larghe vedute. Il modello creativo-riflessivo è l'evoluzione di altri tre precedenti modelli, adatti a gestire progetti in contesti di inferiore complessità ambientale e progettuale: il modello "ad-hoc", dove il project manager è tipicamente una persona vicina all'azione, che usa l'esperienza e l'intuito ma che non utilizza pratiche formali o standard di gestione dei progetti; il modello "burocratico", tipicamente presente nei progetti della pubblica amministrazione, dove maggiore è l'attenzione a procedure elaborate, processi amministrativi, approvazioni e reportistica, e il modello "normativo", che applica un approccio razionale, basato sulla conoscenza, che presuppone però una certa stabilità dell'ambiente al fine di poter consentire una pianificazione delle attività di progetto (Jafaari, 2003).

| ASPETTO DEL PROJECT MANAGEMENT   | PRINCIPI DEL PROJECT MANAGEMENT TRADIZIONALE   | PROJECT MANAGEMENT E TEORIA DELLA COMPLESSITA'   |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Approccio alla gestione del progetto</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Approccio deterministico e analitico: il "tutto" è la somma algebrica delle parti, conoscendo le parti si è in grado di controllare e governare il tutto.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Approccio sintetico e sistemico</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sviluppo del progetto</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sviluppo del progetto basato sulla pianificazione, e sulla definizione di contorni e dettagli: realizzazione di un modello deterministico, che indica le direttrici dell'implementazione futura del progetto</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sviluppo del progetto basato sulla condivisione di obiettivi, e linee guida, basato sul concetto dell'emergenza: l'evoluzione viene vista come una serie di azioni utili allo svolgimento del progetto, evitando di fissare però fissare rigidamente contenuti e modalità, al fine di valorizzare l'emergenza, intesa come quella condizione che "emerge" e si determina a seguito della capacità auto-organizzativa e adattiva del progetto</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Scope di progetto</li> </ul>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ lo scope del progetto descrive i deliverables del progetto, e il lavoro che deve essere svolto per raggiungere tali risultati</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Essendo il progetto paragonato ad un sistema complesso, lo scope può essere visto come la raccolta di regole che consentono al progetto di crescere, svilupparsi ed adattarsi al contesto ed all'ambiente</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Focus di progetto</li> </ul>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Il focus dello scope di progetto è sul "cosa fare", l'ipotesi di base è che l'evoluzione del progetto sia prevedibile</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Il focus dello scope di progetto sono le "regole del gioco", in quanto non essendo l'evoluzione di progetto del tutto prevedibile, l'attenzione è sui criteri che consentono al progetto di adattarsi alle circostanze</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Obiettivi di progetto</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Obiettivo di progetto: guidato dalle tre prestazioni descritte dal triplo vincolo, o "iron triangle": scope, tempo, costo</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ In un'ottica di sistema complesso, l'obiettivo di progetto rappresentato dal triplo vincolo non è più significativo, in quanto è l'evoluzione del progetto che identifica gli obiettivi rilevanti mano a mano che il progetto si sviluppa</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cambiamenti</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anomalie da risolvere</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Le "emergenze" sono caratteristiche della natura del progetto</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Struttura del progetto</li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Struttura definita dalla Work Breakdowns Structure (WBS), dove sono evidenziate le relazioni di tipo gerarchico, i legami e collegamenti tra i vari componenti, le attività e la quantità di lavoro necessarie al completamento dei deliverables richiesti</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Il progetto dovrebbe essere definito da qualcosa di più ampio e completo della WBS, in grado di includere non solo le relazioni di tipo gerarchico, ma anche le ridondanze, le informazioni accessorie, gli aspetti organizzativi legati al progetto.</li> </ul>  |

**Tabella 2.9 Limiti del project management tradizionale vs. project management e teoria della (Paradiso e Ruffa, 2009)**

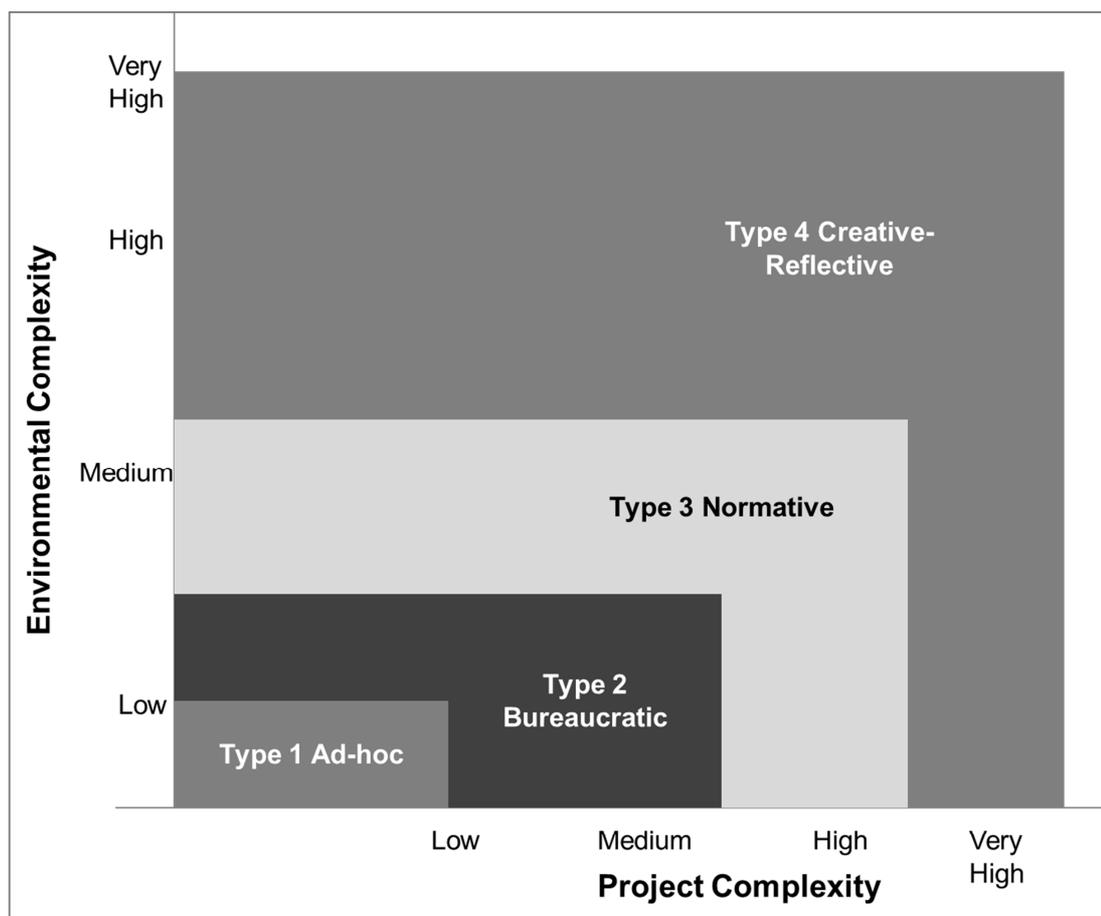


Figura 2.12 Quattro modelli di project management in termini di complessità (Fonte: Jafaari, 2003)

Nonostante sia opinione comune considerare i progetti nel settore delle costruzioni come progetti complessi per definizione, e quindi un parallelismo con le tematiche della Teoria della Complessità possa sembrare piuttosto immediato, diversi autori, tra i quali Wood e Gigado (2009), fanno notare come in realtà gli studi che trattano dei sistemi complessi all'interno del settore delle costruzioni siano piuttosto scarsi. Tuttavia è possibile trovare contributi che trattano delle tematiche della complessità nel settore delle costruzioni e dell'edilizia: ad esempio, Aritua et al. (2008) esplorano la relazione tra la gestione multipla dei progetti (multi-project management MPM) e la teoria della complessità, applicandola al contesto dell'industria delle costruzioni. Essi identificano sei caratteristiche ritenute in comune tra l'MPM e i sistemi complessi: interrelazione, adattabilità, auto-organizzazione, emergenza, feedback e non-linearità. L'interrelazione, ossia la presenza di molte parti con legami e dipendenze l'una con l'altra, è in linea con la prospettiva del multi-project management, in quanto un portafoglio di progetti è gestito in maniera coordinata, ed

esiste spesso un grado di interdipendenza tra di loro. Nei sistemi complessi nel campo delle scienze naturali, ad esempio nei formicai o negli stormi di uccelli, il comportamento individuale è condizionato dal comportamento del proprio vicino, con il risultato di un'armoniosa azione complessiva; anche nel multi-project-management la sfida è quella di gestire le risorse, i tempi e i costi, in logica simultanea e condivisa andando a massimizzare l'azione globale (Aritua et al., 2008). L'adattabilità, ossia la capacità dei sistemi aperti di cambiare in risposta alle informazioni scambiate con l'esterno, fluendo con regolarità dentro e fuori il sistema e creando feedback loops in grado di influenzare il comportamento del sistema, è vista nell'MPM come quella capacità di gestire i rischi e massimizzare il valore derivante dalla gestione del cambiamento dell'ambiente di business (Aritua et al., 2008). L'auto-organizzazione, che è la proprietà di alcuni sistemi di evolvere verso stati di ordine, è considerata dagli autori come la capacità di alcuni programme managers e portfolio managers di non focalizzarsi sui dettagli, ma di lasciare ai singoli project manager capacità decisionale e creatività (Aritua et al., 2008). L'emergenza, che nella teoria della complessità rimanda al concetto che il tutto è maggiore della somma delle parti, è collegata alla gestione integrata del rischio e del valore in uno scenario multi-progetto, migliore di quella che si avrebbe considerando i singoli progetti gestiti autonomamente. I feedback descrivono il processo attraverso il quale le informazioni circolano nei sistemi complessi, e poi ritornano ad influenzare il comportamento che le ha originate, positivamente, ossia amplificandole, o negativamente, quindi diminuendole; tutto ciò è letto in chiave MPM come quel processo che influenza le strutture organizzative, e la reazione al cambiamento dell'ambiente di business al fine di mantenere gli obiettivi strategici al fine di dare stabilità per il raggiungimento dei progetti individuali (Aritua et al., 2008). Infine la non-linearità: i sistemi complessi presentano comportamenti non lineari, che nel caso della gestione multi-progetto si traducono nell'uso di differenti tecniche e strumenti per contrastare questa non-linearità (Aritua et al., 2008).

Ivory e Alderman (2005) si concentrano invece sulla valutazione del fallimento e della sicurezza dei sistemi complessi, al fine di trovare dei parallelismi con la gestione dei progetti di alta ingegneria. Nel loro articolo, diversi sono i riferimenti alla teoria della complessità, e ai sistemi adattivi complessi: le interazioni non-lineari, il concetto dell'emergenza, la multi-nodalità, l'importanza dell'intervento locale. Al fine di gestire la complessità, gli autori ritengono decisivi l'importanza dell'intervento costante, che può essere di tipo tecnico e "locale", oppure strutturale, ossia una

riprogettazione continua della struttura di progetto, al fine di creare dialogo e controllo per migliorare l'integrazione (Ivory & Alderman, 2005). Per permettere la flessibilità della risposta locale ai problemi emergenti, sono centrali la rinegoziazione periferica dei dettagli progettuali, e la creazione di gruppi ad-hoc di problem solving. La loro metafora suggerisce di guardare al progetto come ad una serie di nodi interconnessi, facenti parte di un sistema complesso, dove non esiste una gerarchia, bensì dove il management team di progetto è considerato come uno dei centri di influenza del progetto (Ivory & Alderman, 2005).

Benbya e McKelvey (2006) descrivono invece le fonti della complessità legate ai progetti di sviluppo dei sistemi informativi, e propongono uno schema di riferimento ricavato dai principi della teoria della complessità. Il loro modello è definito da sette principi: tensione adattiva, auto-organizzazione, tasso di cambiamento, progettazione modulare, feedback positivi, complessità causale e coordinazione. Secondo gli autori, la tensione adattiva emerge dalle intersezioni e dalle sovrapposizioni delle prospettive degli individui e dei gruppi che collaborano al progetto di sviluppo del sistema informativo, ottenendo come risultato che i "motivatori" di questa tensione adattiva evolvano seguendo la progettazione del sistema. I progettisti dei sistemi informativi non si concentrano difatti solo sui risultati e sul successo del breve termine, ma riconoscono anche l'effetto delle reciproche interazioni (Benbya e McKelvey, 2006). Lo sviluppo di comportamenti emergenti auto-organizzati dei vari agenti, ossia dei dipendenti, dei gruppi e dei dipartimenti, è consentito al fine di abbinare le capacità interne alla variazione di complessità interna, esterna e del sistema informativo (Benbya e McKelvey, 2006). La riduzione del divario tra l'efficacia del sistema informativo ed il cambiamento dei requisiti degli utenti può essere accelerato velocizzando i cicli di apprendimento e mediante azioni in tempo reale sui feedback, mano a mano che il processo iterativo continua (Benbya e McKelvey, 2006). L'architettura modulare consente di rimuovere, sostituire e riconfigurare i componenti evitando di danneggiare le altre parti del sistema informativo, mentre i feedback positivi, utilizzati mediante un approccio iterativo, favoriscono l'emergenza di nuove architetture (Benbya e McKelvey, 2006). La complessità causale richiama la co-evoluzione e l'adattamento reciproco, l'interazione dinamica delle interazioni, degli effetti e delle relazioni, mentre la coordinazione richiama il principio dell'oscillazione irregolare o dinamica, e legittima tra le altre cose l'autonomia bottom-up versus il controllo top-down (Benbya e McKelvey, 2006).

Attraverso un parallelismo con la teoria della complessità, Antoniadis (2011) dimostra gli effetti della complessità socio-organizzativa delle interconnessioni causate dalle interfacce sociali e dai confini tra i vari team di progetto, e sottolinea la correlazione tra complessità e performance di progetto, e la relazione con il comportamento dei sistemi di controlli delle vibrazioni, ossia sistemi non-lineari.

Per preparare i project manager ad affrontare la complessità, il caos e l'incertezza dei progetti, Thomas e Mengel (2008) propongono un programma educativo di formazione ai project managers che possa superare l'abituale approccio di mero trasferimento di know-how tipico dei programmi standard di formazione, come ad esempio il programma basato sul PMBOK<sup>®</sup>, a favore invece di modelli educativi che possano contemplare e favorire il cambiamento continuo, la riflessione critica e creativa, i network auto-organizzati, la comunicazione virtuale e interculturale, affrontando l'incertezza, promuovendo la coscienza di sé e la capacità di costruire e contribuire a team ad alte prestazioni (Thomas e Mengel, 2008). Dell'importanza dei nuovi programmi di formazione ne parlano anche Saynisch et al. (2010a, 2010b) nei loro articoli del 2010. Loro propongono un modello teorico, chiamato Project Management Second Order – PM2, frutto dei loro anni di ricerca, che supera i concetti tradizionali del project management, e propone dei livelli diversi di project management, attraverso la metafora dei cosiddetti “Mondi” e dei principi della teoria della complessità.

Nel Mondo 1, i principi del project management tradizionale, ad es. lo standard PMBOK<sup>®</sup>, lo standard IPMA e la normativa ISO 10006, sono associati ai concetti della teoria della Cibernetica di prim'ordine. Questo è il mondo dove secondo gli autori prevale la logica del controllo, dove l'approccio alla risoluzione dei problemi comprende processi lineari ed orientati al risultato, e dove prevalgono in generale i principi del project manager tradizionale (Saynisch et al. 2010b). Il Mondo 2 tratta la gestione della complessità, qui il parallelismo è con i concetti della Cibernetica di second'ordine. I temi di questo mondo trattano la gestione di dinamiche altamente evolutive, le instabilità complesse, e le situazioni di auto-organizzazione, mentre tra i metodi di project management troviamo la comunicazione, l'osservazione, la percezione delle dinamiche di progetto (Saynisch et al. 2010b). Anche se la logica del controllo rimane preponderante, qui il concetto assume un'accezione diversa rispetto al Mondo 1, in quanto prevede l'emergenza, l'intervento e la supervisione, piuttosto che il rigido approccio di pianificazione e controllo tipico del Mondo 1 (Saynisch et al. 2010b). Il Mondo 3 mette il comportamento umano come driver

principale del controllo, superando la centralità che aveva la logica dei mondi precedenti. Aspetti quali la formazione, la motivazione, l'insegnamento, la comunicazione della vision, assumono un ruolo primario, ponendosi a cavallo sia dell'approccio tradizionale classico, che di quello complesso (Saynisch et al. 2010b). In ultimo, il Mondo 4 colloca tra gli aspetti fondamentali tematiche quali i la visione sistemica, l'importanza del networking, i modi di pensare, le interconnessioni con i processi di progetto e con gli stakeholders (Saynisch et al. 2010b). Secondo gli autori, non esiste un "mondo ideale", ossia una sola proposta di metodi, adatta ad ogni progetto, piuttosto, a seconda delle varie tipologie e caratteristiche di progetto, possono prevalere diversi approcci, ottenuti dalla combinazione di metodi e principi di ogni singolo mondo, come illustrato in figura XXX.

| Project Types                         | WORLD 1 | WORLD 2 | WORLD 3 | WORLD 4 |
|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Construction Proj. (traditional)      | ●       | ●       | ●       | ●       |
| Construction Proj. (in other culture) | ●       | ●       | ●       | ●       |
| R & D – Projects (advanced techn.)    | ●       | ●       | ●       | ●       |
| R & D – Projects (Megaprojects)       | ●       | ●       | ●       | ●       |
| Organization Proj. (self-reference)   | ●       | ●       | ●       | ●       |
| Organization Proj. (with IT system)   | ●       | ●       | ●       | ●       |

**Figura 2.13** Tipi di progetto e "mondi" associati (Fonte: Saynisch et al. 2010b)

Per leggere i principi della complessità applicati a project management, Cicmil et al. (2009) utilizzano invece il concetto teorico denominato "Complex Responsive Processes of Relating (CRPR). L'importanza di applicare alcuni principi fondamentali della Teoria della Complessità all'interno delle pratiche di project management è descritta anche da Singh e Singh (2002), anche se da un punto di vista molto teorico. Gli autori infatti raccomandano di ai project managers di considerare tutti gli aspetti non-lineari presenti nella loro pianificazione e gestione del progetto, e di non ritenere necessariamente di primaria importanza la sola analisi quantitativa e il controllo di progetto (Singh e Singh, 2002). Al contrario, gli autori raccomandano ai

project managers di gestire il progetto “all’orlo del caos”, ossia ad esercitare un controllo di base, tradizionale, che come esito il “feedback negativo”, e contemporaneamente cercare nuove idee e nuovi sistemi per una migliore conduzione del business e dei progetti, ossia alimentare un processo di feedback positivi Singh e Singh, 2002). Whitty e Maylor (2009) riportano l’esempio del “College of Complex Project Management” come un principio di definizione di standard del project management complesso.

## 2.8 GAP NELLA LETTERATURA E DEFINIZIONE DELLE DOMANDE DI RICERCA

Nei capitoli precedenti abbiamo visto quali sono i filoni della letteratura oggetto di questa ricerca, ossia: la definizione delle dimensioni della complessità di progetto e il rapporto tra i principi della teoria della complessità e le pratiche di project management. Dall’analisi della letteratura sono emersi i gap che hanno generato le domande di ricerca oggetto di questo studio, e che sono di seguito riportati.

Ponendo l’attenzione al filone che tratta la definizione e descrizione delle dimensioni della complessità di progetto, si può notare come, nonostante la dimensione della complessità sia riconosciuta come tematica rilevante nella definizione e nella gestione di un progetto, ad oggi in letteratura c’è ancora diversa ambiguità circa la definizione di cosa sia questa “complessità di progetto”. In particolare, c’è una mancanza di chiarezza di quali siano le caratteristiche di un progetto complesso, e di come le dimensioni della complessità possano essere identificate e misurate nei progetti. Già agli esordi, Williams dichiara infatti: *“While many project managers use the term a complex project, there is no clear definition about what is meant - beyond the general acceptance that it is something more than simply a ‘big’ project”* (Williams, 1999). Qualche anno più tardi, il concetto è nuovamente ripreso da Lebcir: *“ [...] what does project complexity mean and what are its contributing factors is still unclear and confusing [...] many project managers are using the term “complex projects” in their description of current projects, yet it is not clear what are the factors contributing to this complexity nor how they can be quantified”* (Lebcir, 2006). Anche Vidal et al. sottolineano la mancanza di una comune interpretazione della definizione della complessità di progetto, dichiarando a distanza di pochi anni

che *“The difficulty is that there is actually a lack of consensus on what project complexity really is.”* (Vidal e Marle, 2008; Vidal et al., 2010). C'è chi è anche più critico, dichiarando che i vari tentativi di definire la complessità di progetto siano in realtà distanti dalla reale applicazione ai contesti aziendali: *“Several attempts to define project complexity have appeared in the literature [...], but we believe these to be inconsistent with the diversity of usage of the term in organizations today and only partially helpful in understanding the associated task of managing these activities”* (Maylor et al., 2008). Purtroppo l'ambiguità non viene risolta nemmeno negli ultimi anni. Bosch-Rekvelde et al. ricordano come il dibattito sia ancora in corso nel 2011: *“Amongst different researchers, there is some debate about the exact definition of a complex project and the differences between “complicated” and “complex” projects”* (Bosch-Rekvelde et al., 2011). Non solo, gli autori sottolineano anche come sia ancora assente un framework in grado di descrivere la complessità di progetto, nel caso di progetti di alta ingegneria *“[...] no generally accepted framework is available to support the characterising and understanding of project complexity that appreciates the richness of project complexity in large engineering projects. [...] In the nineties, project complexity was already taken as one of the factors to classify engineering projects. [...] Complexity however still was treated as a sort of black box; what factors exactly would cause complexity in projects was not further detailed.”* (Bosch-Rekvelde et al. 2011).

Da qui deriva la prima domanda di ricerca:

Domanda di ricerca 1): *In che modo può essere definita la complessità di progetto, ed, in particolare, secondo quali dimensioni ed indicatori può essere definita e misurata?*

Riferendosi invece al rapporto tra complessità e prestazioni di progetto, si può notare che, nonostante la presenza di vari contributi che trattano della complessità, o della teoria della complessità, nell'ambito del project management, la maggior parte di questi lavori riguarda o uno studio teorico, o utilizzi un approccio qualitativo nella ricerca. Questo è reso evidente nella Tabella 2.1, dove sono classificati tutti i maggiori contributi già precedentemente illustrati nel capitolo dell'analisi della letteratura, esplicitando per ciascuno metodologia e focus della ricerca. Si ha quindi l'evidenza che la maggior parte di questi contributi, abbia trattato l'argomento della

complessità di progetto da un punto di vista prettamente teorico, oppure qualitativo, mediante studio di casi. Al contrario, ricerca quantitativa, in particolare ricerca empirica che valuti l'impatto della complessità sulle prestazioni di progetto risulta essere ad oggi piuttosto scarsa. Da qui deriva la seconda domanda di ricerca:

Domanda di ricerca 2): *In che modo le dimensioni della complessità possono impattare sulle prestazioni di progetto?*

| Autori                       | Obiettivo dello studio   | Metodologia                                  | Focus                                    |
|------------------------------|--|--|--|
| Baccarini (1996)             | Definire la complessità di progetto  | Approccio teorico                            | Dimensioni della complessità di progetto |
| Williams (1999)              | Definire la complessità di progetto, evidenziare alcuni limiti del project management tradizionale   | Approccio teorico                            | Dimensioni della complessità di progetto |
| Tatikonda & Rosenthal (2000) | Applicare il concetto dell'incertezza sul task per studiare la relazione tra le caratteristiche dei progetti di sviluppo prodotto ed i risultati di progetto                             | Survey                                       | Dimensioni della complessità di progetto |
| Shenhar (2001)               | Mostrare come diversi tipi di progetto siano gestiti in modi diversi   | Studio di casi multipli e survey             | Dimensioni della complessità di progetto |
| (Pich et al. 2002)           | Concettualizzare il progetto come una funzione payoff  | Modello matematico                           | Dimensioni della complessità di progetto |
| Singh & Singh (2002)         | Illustrare l'importanza dei principi della complessità applicati alla gestione dei progetti  | Approccio teorico                            | Teoria della complessità e PM            |
| Jaafari (2003)               | Proporre il modello di project management "creativo-riflessivo"  | Approccio teorico                            | Teoria della complessità e PM            |
| Dawidson et al. (2004)       | Mostrare i parametri della complessità percepiti in un progetto di sviluppo di una piattaforma nel settore TLC   | Studio di casi                               | Dimensioni della complessità di progetto |
| Cicmil & Marshall, 2005      | Capire gli aspetti sociali in contesti multi-organizzativi come i progetti di costruzione  | Studio di casi                               | Dimensioni della complessità di progetto |
| Ivory & Alderman (2005)      | Valutazione del fallimento e della sicurezza dei sistemi complessi, parallelismi con la gestione dei progetti di alta ingegneria   | Studio di casi                               | Teoria della complessità e PM            |
| Benbya e McKelvey (2006)     | Descrivere le fonti della complessità legate ai progetti di sviluppo dei sistemi informativi, proposta di uno schema di riferimento ricavato dai principi della teoria della complessità | Approccio teorico, analisi della letteratura | Teoria della complessità e PM            |
| Camci and Kotnour (2006)     | Sviluppare misure per valutare la complessità tecnologica del progetto e gli stili di project management   | Survey                                       | Dimensioni della complessità di progetto |
| Lebcir (2006)                | Strutturare i diversi fattori descritti in letteratura ed articularli in una nuova struttura per i progetti di sviluppo nuovi prodotti   | Approccio teorico                            | Dimensioni della complessità di progetto |

|                              |  |  |  |
|------------------------------|--|--|--|
| Thomas & Mengel (2008)       | Proporre un programma educativo di formazione ai project managers  | Approccio teorico, analisi della letteratura | Teoria della complessità e PM            |
| Aritua et al. (2008)         | Esplorare la relazione tra il multi-project management e la teoria della complessità   | Approccio teorico                            | Teoria della complessità e PM            |
| Maylor et al. (2008)         | Investigare l'aspetto della complessità manageriale  | Workshops                                    | Dimensioni della complessità di progetto |
| Vidal e Marle (2008)         | Identificare, definire e fornire una proposta di modello della complessità   | Analisi della Letteratura                    | Dimensioni della complessità di progetto |
| Whitty e Maylor (2009)       | Descrivere l'esempio di "College of Complex Project Management" come standard del project management complesso   | Approccio teorico                            | Teoria della complessità e PM            |
| Wood e Gigado (2009)         | Panoramica della teoria della complessità e applicazione al settore delle costruzioni  | Approccio teorico                            | Teoria della complessità e PM            |
| Cicmil et al. (2009)         | Proporre il "Complex Responsive Processes of Relating" come concetto teorico   | Studio di casi                               | Teoria della complessità e PM            |
| Froese (2010)                | Framework per la gestione delle informazioni nei progetti del settore delle costruzioni  | Approccio teorico                            | Dimensioni della complessità di progetto |
| Olaussen & Berggren (2010)   | Analizzare i modi per gestire contemporaneamente la complessità e l'incertezza nei progetti di ricerca e sviluppo  | Studio di casi                               | Dimensioni della complessità di progetto |
| Vidal et al. (2010)          | Misurare la complessità di progetto attraverso l'Analytic Hierarchy Process  | Studio di casi                               | Dimensioni della complessità di progetto |
| Saynisch (2010a, 2010b)      | Illustrare il "Project Management Second Order (PM-2)  | Programma di ricerca                         | Teoria della complessità e PM            |
| Antoniadis et al. (2011)     | Dimostrare gli effetti della complessità socio-organizzativa delle interconnessioni, e la relazione con il comportamento dei sistemi di controlli delle vibrazioni | Studio di casi multipli                      | Teoria della complessità e PM            |
| Bosch-Rekvelde et al. (2011) | Sviluppare un framework per comprendere e valutare quali siano le caratteristiche delle grandi opere di ingegneria   | Analisi della letteratura e studio di casi   | Dimensioni della complessità di progetto |
| Geraldi et al. (2011)        | Revisione sistematica della letteratura al fine di proporre un set di dimensioni della complessità dei progetti  | Analisi della letteratura                    | Dimensioni della complessità di progetto |
| Koppenjan et al. (2011)      | Proporre un framework per analizzare il tipo di project management nelle grandi opere di ingegneria  | Studio di caso                               | Dimensioni della complessità di progetto |
| Senescu et al. (2013)        | Fornire basi per lo sviluppo di migliori strumenti di comunicazione nei progetti AEC (architecture, engineering, construction)                                     | Studio di casi                               | Dimensioni della complessità di progetto |

**Tabella 2.10 Project management e complessità. Sintesi dei contributi emersi dall'analisi della letteratura**

Sono riassunti di seguito in maniera sintetica i gap della letteratura, e le rispettive domande di ricerca.

| Gap  | Domande di ricerca  |
|--|---|
| <p>Gap 1: Nonostante la dimensione della complessità sia riconosciuta come tematica rilevante nella definizione e nella gestione di un progetto, ad oggi in letteratura c'è ancora diversa ambiguità circa la definizione della cosiddetta <i>project complexity</i>, o complessità dei progetti. In particolare, c'è una mancanza di chiarezza di quali siano le caratteristiche di un progetto complesso, e di come le dimensioni della complessità possano essere identificate e misurate nei progetti.</p> | <p>RQ1: In che modo può essere definita la complessità di progetto, ed, in particolare, secondo quali dimensioni ed indicatori può essere misurata?</p> |
| <p>Gap 2: Negli ultimi anni, il tema della complessità è stato investigato nell'ambito degli studi che trattano di project management. Tuttavia, ricerca empirica che valuti l'impatto della complessità sulle prestazioni di progetto è ancora scarsa.</p>  | <p>RQ2: In che modo la complessità di progetto può impattare sulle prestazioni di progetto?</p>   |

Tabella 2.11 Gap in letteratura e domande di ricerca

Di seguito sono presentate le domande di ricerca ed i risultati attesi:

| Domande di ricerca  | Risultati attesi  |
|---|---|
| <p>RQ1: In che modo può essere definita la complessità di progetto, ed, in particolare, secondo quali dimensioni ed indicatori può essere misurata?</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definizione della complessità di progetto (<i>project complexity</i>), mediante scelta di opportune dimensioni che siano in grado di descriverne le caratteristiche</li> <li>- Definizione di un set di indicatori della complessità, applicabili ad uno specifico settore di riferimento</li> </ul> |
| <p>RQ2: In che modo la complessità di progetto può impattare sulle prestazioni di progetto?</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Valutazione dell'impatto delle dimensioni della complessità mediante analisi quantitativa</li> </ul>   |

Tabella 2.12 Domande di ricerca e risultati attesi

### 3 LA STRATEGIA DI RICERCA

#### 3.1 DEFINIZIONE DEL FRAMEWORK DI RICERCA

I passi e la metodologia che sono stati seguiti al fine di rispondere alle domande di ricerca sono illustrati in Figura 3.1 e di seguito presentati.

Il framework di ricerca ha validità generale ed indipendente dal tipo di settore industriale applicato. Tuttavia, le ipotesi di ricerca sono state testate con riferimento ad uno specifico settore industriale, scelto affinché potesse soddisfare le assunzioni alla base del progetto di ricerca, che ha l'obiettivo di considerare progetti eseguiti in scenari di elevata complessità.

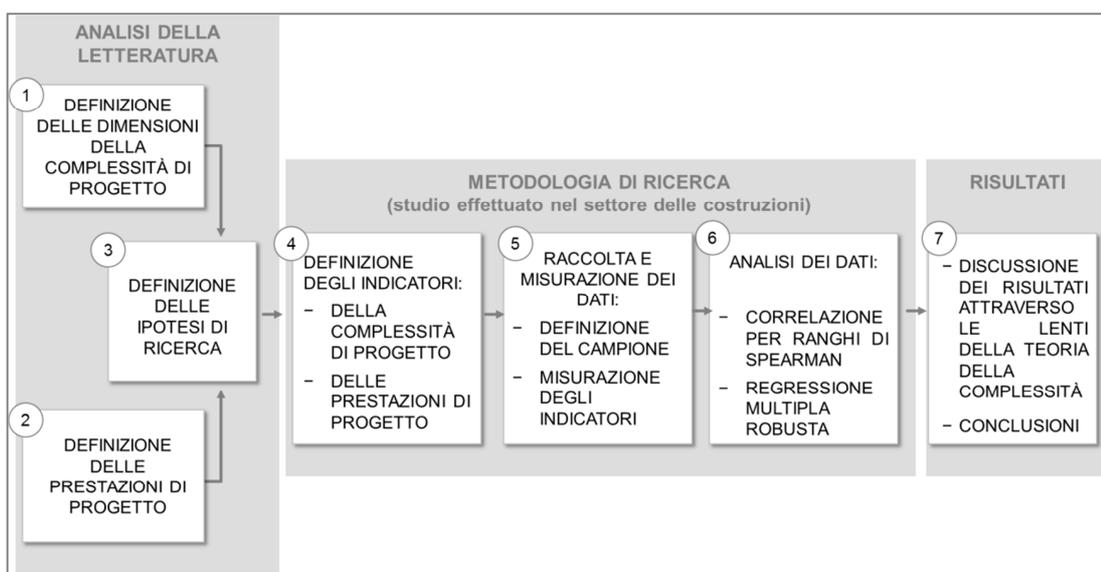


Figura 3.1 Framework di ricerca

È stata quindi condotta una ricerca quantitativa, che ha seguito seguenti passi metodologici (Croom, 2008, p.66):

- definizione dei concetti attraverso degli indicatori (variabili) osservabili, tangibili e chiaramente definiti;
- test della causalità tra le variabili mediante utilizzo di protocollo e procedure e di un sistema di misurazione controllato;

- valutazione dei risultati della ricerca con l'ausilio di analisi statistiche che possano dimostrare il livello di confidenza nei risultati (es. il livello di significanza statistica).

Il framework illustra i vari passi della ricerca:

- 1) *Definizione delle dimensioni della complessità di progetto*: tutte le definizioni emerse dalla revisione della letteratura e già precedentemente illustrate nel Capitolo 2 sono state riprese ed analizzate, al fine di fornire una proposta di definizione della complessità di progetto di validità generale.
- 2) *Definizione delle prestazioni di progetto*: per definire le prestazioni di progetto di interesse per questa ricerca, è stata condotta una revisione della letteratura, con particolare riferimento al settore delle costruzioni, che ha permesso di evincere le prestazioni di progetto più significative per lo studio in questione.
- 3) *Definizione delle ipotesi di ricerca*: dalle considerazioni emerse dalla letteratura sono state quindi derivate le ipotesi di ricerca.
- 4) *Definizione delle dimensioni degli indicatori della complessità di progetto e delle prestazioni di progetto*: sono stati definiti un set di indicatori della complessità di progetto, e delle prestazioni di progetto, validi per il settore delle costruzioni.
- 5) *Raccolta e misurazione dei dati*: è stato quindi definito il campione oggetto dell'analisi, e sono stati misurati gli indicatori della complessità di progetto e delle prestazioni di progetto.
- 6) *Analisi dei dati*: al fine di valutare l'impatto della complessità di progetto sulle prestazioni di tempo e costo sono state utilizzate due diverse analisi statistiche: la correlazione per ranghi di Spearman, e la regressione lineare multipla, semplice e robusta.
- 7) *Discussione dei risultati attraverso le lenti della teoria della complessità*: i risultati ottenuti mediante le due analisi statistiche sono stati quindi riletti secondo alcuni principi della teoria della complessità.

La Figura 3.2 mostra come il framework conduca alle risposte delle domande di ricerca.

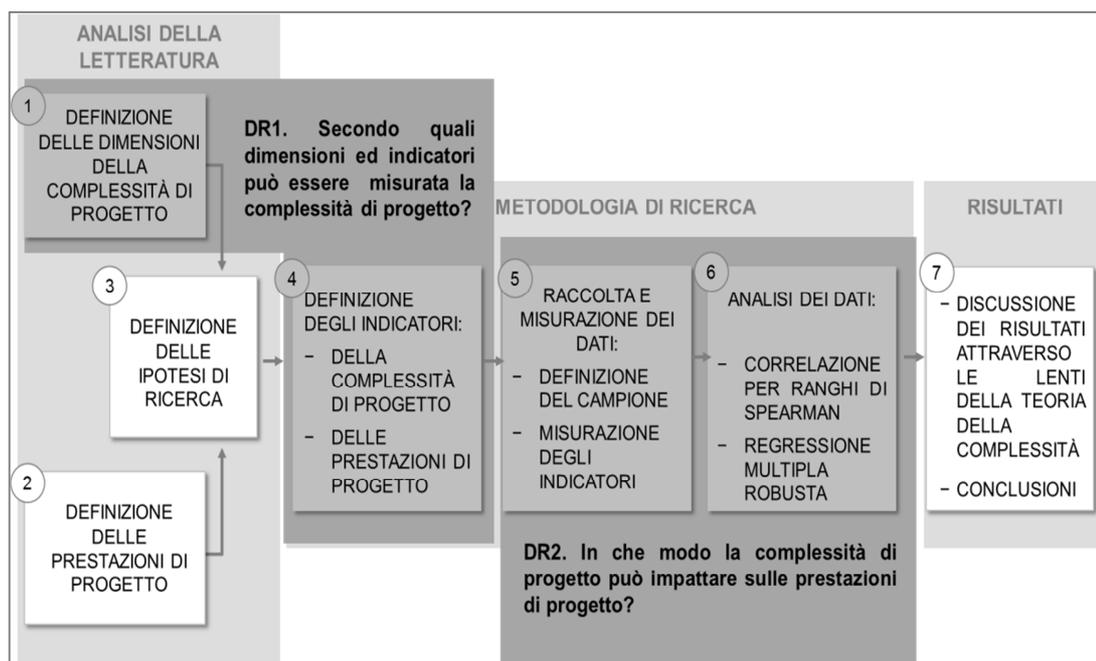


Figura 3.2 Framework e risposta alle domande di ricerca

## 3.2 DEFINIZIONE DELLE DIMENSIONI DELLA COMPLESSITÀ DI PROGETTO

Al fine ottenere una definizione della complessità di progetto, e quindi di fornire parte della risposta alla prima domanda di ricerca, sono stati selezionati 14 lavori presentati al Capitolo 2, scelti tra quelli che hanno maggiormente contribuito alla concettualizzazione ed alla definizione della complessità di progetto.

Per giungere alla definizione delle dimensioni della complessità è stato utilizzato un procedimento simile a quello usato da Geraldini et al. (2011): questi autori sono partiti da una revisione sistematica della letteratura, che nel loro caso ha restituito una selezione di 25 articoli, i quali, una volta analizzati, ha permesso loro di costruire un framework di definizione della complessità. In maniera analoga, in questo lavoro sono stati analizzati i contributi dei 13 autori selezionati, dai quali è emersa la proposta presentata in questo lavoro.

Come si evince dalla Tabella 3.1, la complessità di progetto è stata definita nel corso degli anni in vari modi. Ogni autori ha definito l'ha definita secondo una propria visione, spesso con un riferimento a settori industriali distinti, quali ad esempio il settore delle costruzioni, l'ambito dello sviluppo dei nuovi prodotti, i progetti di grande ingegneria, o il settore delle telecomunicazioni. Tuttavia i primi

lavori di Baccharini (1996) e Williams (1999) sono stati ripresi molte volte negli anni successivi, andando a dimostrare quanto sia stato rilevante il loro contributo iniziale.

| Autori                       | Dimensioni della complessità di progetto   | Note  |
|------------------------------|--|---|
| Baccharini (1996)            | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Differenziazione</li> <li>▪ Interdipendenza</li> </ul> applicati alla: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Complessità organizzativa</li> <li>▪ Complessità tecnologica</li> </ul>   | La definizione di complessità di progetto di Baccharini è spesso vista nella letteratura del project management come primo tentativo di definire la complessità di progetto |
| Williams (1999)              | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Complessità strutturale:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Numero degli elementi</li> <li>- Interdipendenza degli elementi</li> </ul> </li> <li>▪ Incertezza:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Incertezza negli obiettivi</li> <li>- Incertezza nei metodi</li> </ul> </li> </ul>  | La dimensione di complessità strutturale di Williams incorpora le dimensioni differenziazione e interdipendenza proposte da Baccharini (1996)                               |
| Tatikonda & Rosenthal (2000) | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Novità tecnologica:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Novità tecnologica di prodotto</li> <li>- Novità tecnologica di processo</li> </ul> </li> <li>▪ Complessità di progetto:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Interdipendenza tecnologica</li> <li>- Novità negli obiettivi</li> <li>- Difficoltà di progetto</li> </ul> </li> </ul>   | I concetti di Baccharini (1996) e Williams (1999) sono ripresi ed applicati allo studio di progetti di sviluppo nuovo prodotto (new product development – NPD)              |
| Shenhar (2001)               | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Incertezza tecnologica:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Low tech</li> <li>- Medium-Tech</li> <li>- High-Tech</li> <li>- Super High-Tech</li> </ul> </li> <li>▪ Sistema:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- assemblaggio di componenti e moduli, costruzione e sviluppo di sotto-sistemi ed elementi interagenti</li> <li>- costruzione e sviluppo di un'ampia collezione di sistemi funzionanti</li> </ul> </li> </ul> | I concetti di Williams (1999) di complessità strutturale ed incertezza sono ripresi ed applicati  |
| (Pich et al. 2002)           | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Incertezza, ambiguità e complessità sono espresso in termini di adeguatezza delle informazioni</li> </ul>   | Incertezza come elemento dominante della complessità di progetto  |
| Dawidson et al. (2004)       | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Complessità strutturale:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Differenziazione</li> <li>- Dipendenze</li> </ul> </li> <li>▪ Incertezza:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Incertezza negli obiettivi</li> <li>- Incertezza nei metodi</li> </ul> </li> </ul>   | I concetti di Williams (1999) di complessità strutturale ed incertezza sono ripresi ed applicati per uno studio applicato al settore delle telecomunicazioni                |
| Camci and Kotnour (2006)     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Complessità di prodotto:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Novità</li> <li>- Numero dei sotto-sistemi di prodotto</li> <li>- Impatto del cambio di design da un sotto-sistema ad un altro</li> </ul> </li> </ul>   | Gli autori sviluppano misure per la complessità di progetto e gli stili di project management   |

|   |   |   |
|---|---|---|
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Complessità dei metodi: <ul style="list-style-type: none"> <li>- novità delle tecnologie produttive</li> <li>- numero dei processi produttivi</li> <li>- impatto del cambiamento per il passaggio da un processo produttivo ad un altro</li> </ul> </li> </ul>   |   |
| Lebcir (2006)                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Complessità di prodotto: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dimensione del prodotto: numero delle parti in un prodotto</li> <li>- Architettura di prodotto: interdipendenza delle parti</li> </ul> </li> <li>▪ Innovazione: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Novità di prodotto: porzione del prodotto da riprogettare</li> <li>- Incertezza di progetto: tecnologica, di mercato, di risorse</li> </ul> </li> </ul> | I concetti enunciati da Williams (1999) sono ripresi ed applicati allo studio di progetti di sviluppo nuovo prodotto (new product development – NPD)  |
| Maylor et al. (2008)                        | <p>Cinque dimensioni della complessità manageriale di progetto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mission</li> <li>▪ Organizzazione</li> <li>▪ Consegna</li> <li>▪ Stakeholders</li> <li>▪ Team</li> </ul>   | Gli autori descrivono le dimensioni della complessità manageriale di progetto attraverso un modello ad albero   |
| Vidal e Marle (2008)<br>Vidal et al. (2010) | <p>La complessità di progetto può essere classificata in quattro famiglie, ognuna delle quali comprende diversi fattori:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ fattori legati alla dimensione del progetto</li> <li>▪ fattori riferiti alla varietà di progetto</li> <li>▪ fattori che riguardano interdipendenze e interrelazioni all'interno del sistema progetto</li> <li>▪ fattori legati alla dipendenza del contesto</li> </ul>                                | In accordo con la classificazione di Baccarini (1996) gli autori propongono un framework sia sotto l'aspetto della complessità organizzativa, sia sotto l'aspetto della complessità tecnica |
| Froese (2010)                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Numero degli elementi</li> <li>▪ Varietà degli elementi</li> <li>▪ Integrazione</li> <li>▪ Numero di interconnessioni</li> <li>▪ Interazioni</li> </ul>  | L'autore descrive le principali caratteristiche dei sistemi complessi, illustra come queste siano tipicamente presenti e riconoscibili anche nei progetti nel settore delle costruzioni.    |
| Bosch-Rekveltd et al. (2011)                | <p>Gli autori propongono 50 elementi per definire la complessità di progetto, raggruppati in tre macro-categorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tecniche</li> <li>▪ Organizzative</li> <li>▪ Ambientali</li> </ul>   | Il framework TOE contiene in maniera esplicita molti elementi che si riferiscono alla complessità strutturale ed all'incertezza   |
| Geraldi et al. (2011)                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Complessità strutturale</li> <li>▪ Incertezza</li> <li>▪ Dinamicità</li> <li>▪ Passo</li> <li>▪ Aspetti socio-politici</li> </ul>  | La proposta degli autori deriva dalla revisione sistematica della letteratura che tratta di complessità di progetto condotta su 25 contributi   |

**Tabella 3.1 Definizioni della complessità di progetto**

Le dimensioni e le caratteristiche più ricorrenti sono state raggruppate, al fine di individuare una selezione di quattro macro-dimensioni, ritenute tra le più adatte per descrivere il concetto della complessità di progetto, che sono. Le dimensioni emerse dall'analisi sono: *diversità*, *interdipendenza*, *incertezza*, *dinamicità*. La sintesi è mostrata in Tabella 3.2.

La *diversità* può essere distinta in *diversità tecnica*, e *diversità organizzativa*. La *diversità* da un punto di vista tecnico descrive la numerosità delle differenti tipologie di input/output, il numero di azioni necessarie alla realizzazione del deliverable, il numero di fornitori coinvolti (Baccarini, 1996), la numerosità degli elementi di progetto (Williams, 1999), il numero di parti diverse nel prodotto (Lebcir, 2006), la differenziazione delle gerarchie a livello di sistema in termini di moduli, sottosistemi ed elementi interagenti (Shenhar, 2001; Camci and Kotnour, 2006), la dimensione del progetto, in termini di quantità di risorse ed ampiezza dello scope of work, la varietà del sistema di progetto, in termini di risorse, componenti, dipendenze, competenze tecnologiche e diverse tecnologie usate durante il progetto (Camci and Kotnour, 2006; Vidal & Marle, 2008), e il numero e varietà dei componenti (Froese, 2010). La *diversità* da un punto organizzativo può riferirsi alla differenziazione verticale, ossia il numero di livelli gerarchici coinvolti nel progetto, alla differenziazione orizzontale, ossia al numero di unità organizzative formali coinvolte (dipartimenti, gruppi), oppure alla struttura delle attività (divisione del lavoro, specializzazione del personale) (Baccarini, 1996), al fit organizzativo, ad esempio tra la struttura a matrice e quella funzionale (Maylor et al. 2008).

L'*interdipendenza* può essere distinta in *interdipendenza tecnica*, ed *interdipendenza organizzativa*. L'*interdipendenza* dal punto di vista tecnico può riguardare i legami e le interconnessioni tra le attività da svolgere, all'interno di un insieme di attività, tra gruppi, risorse/input, tecnologie (Baccarini, 1996), alle interdipendenze tra i componenti del prodotto, tra risorse e materie prime, tra le specifiche e le dipendenze coi processi tecnologici (Vidal & Marle, 2008). Può essere intesa come integrazione, numero di interconnessioni e interazioni (Froese, 2010), interdipendenza tra gli elementi di un progetto (Williams, 1999) o di un'architettura di prodotto (Lebcir, 2006). L'*interdipendenza organizzativa* può riferirsi al livello di interdipendenza e interazione tra gli elementi organizzativi del progetto (Baccarini, 1996). Se riferita al sistema progetto, può riguardare vari aspetti, tra i quali le dipendenze con le tempistiche, dipendenze con l'ambiente, dipendenze con la struttura del team, interconnessioni e feedback loop nei task e

nel network di progetto, interdipendenze tra attori, siti, dipartimenti, società, sistemi informativi, numero di interrelazioni tra le fasi di progetto, e numero di interfacce nell'organizzazione di progetto (Vidal & Marle, 2008).

L'*incertezza* può essere vista come incertezza negli obiettivi, ossia quanto siano ben definiti gli obiettivi del progetto, e incertezza nei metodi, ossia quasi siano ben definiti i metodi e i mezzi per raggiungere tali obiettivi (Williams, 1999). Nel caso dell'innovazione di prodotto, l'incertezza può essere originata da una diversa progettazione di prodotto, o da nuove tecnologie di prodotto o processo (Lebcir, 2006). Nel caso di incertezza tecnologica, questa può essere maggiore a seconda del fatto che si stiano utilizzando tecnologie esistenti, adattando tecnologie conosciute, integrando nuove tecnologie o implementando nuove tecnologie chiave non esistenti al momento dell'inizio del progetto (Shenhar, 2001). L'incertezza può essere espressa anche come adeguatezza delle informazioni disponibili (Pich et al. 2002).

*Dinamicità* è quella della complessità che tratta del cambiamento nel progetto, delle specifiche, del team (Geraldi et al., 2011). Nel caso dell'organizzazione, può essere riferita ad eventuali ristrutturazioni organizzative, o ad un cambiamento culturale legato all'esecuzione del progetto (Maylor et al., 2008).

Il framework che definisce le quattro dimensioni della complessità dei progetti (project complexity) è in linea con le più recenti teorie dell'organizzazione. Se prendiamo Steger et al. (2007, pp.4-5), ad esempio, essi definiscono la complessità nelle organizzazioni globali secondo quattro drivers: diversità, interdipendenza, ambiguità e flusso. La diversità secondo questi autori è definita dalla varietà nei sistemi di gestione, dalla varietà nei mezzi/modi, dai differenti modelli di business. Può essere inoltre riferita ad aspetti legati all'ambiente esterno, ad esempio alla eterogeneità dei bisogni dei consumatori, ai differenti valori culturali, alle esigenze dei vari stakeholders, agli aspetti ambientali legati alla varietà politica, all'ambiente legale, alla concorrenza (Steger et al., 2007, pp.4-5). L'interdipendenza è un'altra dimensione della complessità nelle organizzazioni, legata all'aspetto globale del business, e agli effetti di eventi non locali. L'ambiguità si riferisce invece all'eccesso delle informazioni, che spesso non è accompagnato da altrettanta chiarezza nell'interpretare i segnali, all'aumento dell'incertezza e alle relazioni causa-effetto difficili da determinare (Steger et al., 2007, p.5). Flusso infine è legato all'aspetto del cambiamento e del passo (Steger et al., 2007, p.5).

| Dimensioni della complessità di progetto | Sottodimensioni della complessità di progetto | Contributi e autori  |
|--|---|--|
| DIVERSITA'                               | DIVERSITÀ TECNICA                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Numerosità delle differenti tipologie di input / output (Baccarini, 1996)</li> <li>▪ Numerosità degli elementi di progetto (Williams, 1999; Dawidson et al., 2004)</li> <li>▪ Numerosità e la differenziazione di moduli, sottosistemi ed elementi integrati (Camci and Kotnour, 2006; Dawidson et al., 2004; Shenhar, 2001;)</li> <li>▪ Varietà di risorse, componenti, dipendenze, tecnologie usate (Camci and Kotnour 2006; Vidal &amp; Marle, 2008; Vidal et al. 2010; Froese, 2010)</li> <li>▪ Dimensione del progetto, in termini di quantità di risorse ed ampiezza dello scope of work (Vidal &amp; Marle, 2008; Vidal et al. 2010;)</li> </ul> |
|  | DIVERSITÀ ORGANIZZATIVA                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ differenziazione verticale: numero di livelli gerarchici (Baccarini, 1996)</li> <li>▪ differenziazione orizzontale: numero di dipartimenti, uffici, team (Baccarini, 1996)</li> <li>▪ divisione del lavoro, specializzazione del personale (Baccarini, 1996)</li> <li>▪ fit organizzativo tra la struttura a matrice e quella funzionale (Maylor et al. 2008)</li> </ul>  |
| INTERDIPENDENZA                          | INTERDIPENDENZA TECNICA                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Interdipendenza tra gli elementi e le attività di progetto (Baccarini, 1996)</li> <li>▪ Interdipendenze tra risorse e materie prime, tra specifiche progettuali e processi tecnologici (Tatikonda &amp; Rosenthal (2000) Vidal &amp; Marle, 2008; Vidal et al. 2010;)</li> </ul>  |
|  | INTERDIPENDENZA ORGANIZZATIVA                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ interdipendenze tra attori, team, dipartimenti, uffici, società (Baccarini, 1996)</li> <li>▪ numero di interfacce nell'organizzazione di progetto (Vidal &amp; Marle, 2008; Vidal et al. 2010;)</li> <li>▪ interconnessioni nel network di progetto (Vidal &amp; Marle, 2008; Vidal et al. 2010)</li> </ul>   |
| INCERTEZZA                               | -   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ incertezza negli obiettivi, nella precisione della loro definizione (Williams, 1999; Dawidson et al., 2004; Lebcir 2006)</li> <li>▪ Novità degli obiettivi (Tatikonda &amp; Rosenthal, 2000)</li> <li>▪ incertezza nei metodi, nella precisione della definizione dei metodi e i dei mezzi per raggiungere tali obiettivi (Williams, 1999; Dawidson et al., 2004; Lebcir 2006)</li> <li>▪ incertezza nelle nuove tecnologie di prodotto o processo (Shenhar, 2001)</li> <li>▪ adeguatezza delle informazioni disponibili (Pich et al. 2002)</li> </ul>  |

|            |   |  |
|------------|---|--|
| DINAMICITÀ | - | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ cambiamento nel progetto (Geraldi et al., 2011)</li> <li>▪ cambiamento nelle specifiche tecniche (Geraldi et al., 2011)</li> <li>▪ cambiamento nel team (Geraldi et al., 2011)</li> <li>▪ Ristrutturazioni organizzative (Maylor et al., 2008)</li> <li>▪ Cambiamento culturale legato all'esecuzione del progetto (Maylor et al., 2008)</li> </ul> |
|------------|---|--|

**Tabella 3.2 Definizione delle dimensioni della complessità di progetto: sintesi dei maggiori contributi evinti dall'analisi della letteratura**

### 3.3 DEFINIZIONE DELLE PRESTAZIONI DI PROGETTO

I sistemi di misurazione delle prestazioni e gli indicatori chiave di prestazione, in inglese rispettivamente Performance Measurement Systems (PMS) e Key Performance Indicators (KPIs), sono da sempre stati oggetto di interesse nella letteratura del project management, specialmente per misurare il grado di successo del progetto. Fino agli anni '80, le prestazioni di progetto maggiormente utilizzate in letteratura per misurare il raggiungimento degli obiettivi di progetto erano generalmente tre, ossia: prestazioni di tempo, di costo e di qualità, il cosiddetto "Iron Triangle" (Atkinson, 1999). In questo modo, il progetto poteva essere ritenuto svolto con successo se completato nel rispetto dei tempi pianificati, non eccedendo il budget dei costi stimati, e raggiungendo i requisiti di qualità previsti dalle specifiche contrattuali. Tuttavia, dagli anni '80 in poi, ci sono stati sviluppi nel campo della letteratura del project management, che hanno portato ad ampliare la definizione di successo di progetto (Bryde, 2005; Toor e Ogunlana, 2010). Diversi autori hanno suggerito altre prestazioni da monitorare: ad esempio, Cheung et al. propongono nel 2003 il "Partnering Temperature Index (PTI)", al fine di misurare lo status delle relazioni nei progetti di costruzione; Chan et al. (2004) elencano una lista di fattori critici di successo, validi per il settore delle costruzioni, che suddividono in macro-aree: azioni legate alla gestione del progetto, procedure, fattori legati al progetto, ambiente esterno, e fattori umani. Sono illustrati anche nuovi sistemi di misurazione delle prestazioni di progetto: ad esempio, per avere un maggiore allineamento con la strategia aziendale, come descritto da Loch e Tapper (2001) nel loro studio sui gruppi di ricerca applicata; per facilitare il processo decisionale degli stakeholders di progetto (Lauras et al., 2010; Marques et al., 2010); per valutare il sistema di misurazione delle prestazioni da un punto di vista del top management, come

descritto da Johnsson et al. (2008) nel caso di sviluppo di nuovi prodotti, o da Cao e Hoffman (2011) nei progetti di ingegneria; per migliorare il benchmarking con altre società, come proposto da Yu et al. (2007) nel settore delle costruzioni. Inoltre, vari autori studiano le performance e i gli indicatori chiave di prestazione in relazione agli altri aspetti aziendali: ad esempio Skibniewski e Ghosh (2009) studiano I KPI di progetto per le imprese di engineering construction, valutando il loro utilizzo nei sistemi di Enterprise Resource Planning (ERP), mentre Wang et al. (2010) prpongono un modello di misurazione delle prestazioni adatto a gestire il rischio in progetti di ricerca e sviluppo (Wang et al., 2010).

Di seguito è riportata una sintesi dei contributi più rilevanti, che hanno permesso di evincere un set di prestazioni chiave, ed indicatori di misurazione, validi per il settore delle costruzioni. La Tabella 3.3 mostra la lista dei principali contributi usati nella ricerca.

|   | Autori                | Rivista   | Settore      |
|---|-----------------------|---|--------------|
| 1 | Shenhar et al. (2001) | Long Range Planning                                     | Various      |
| 2 | Cox et al. (2003)     | ASCE Journal of Construction Engineering and Management | Construction |
| 3 | Chan & Chan (2004)    | Benchmarking: An International Journal                  | Construction |
| 4 | Luu et al. (2008)     | International Journal of Project Management             | Construction |
| 5 | Yeung et al. (2008)   | Construction Management and Economics                   | Construction |
| 6 | Cha & Kim (2011)      | KSCE Journal of Civil Engineering                       | Construction |

**Tabella 3.3 Lista dei principali contributi usati nella ricerca per la definizione di prestazioni e KPI nel settore delle costruzioni**

Ognuno dei contributi sopra elencato è stato analizzato al fine di derivare una sintesi di quali siano le prestazioni di progetto evinte dalla letteratura. La Tabella 3.4 mostra questa analisi, riportando per ognuna delle prestazioni gli indicatori di misurazione

proposti da ogni autore. Complessivamente, sono state individuate nove prestazioni di progetto:

- 1) Costo: sviluppo e conclusione del progetto nel rispetto del budget di spesa pianificato
- 2) Tempo: sviluppo e conclusione del progetto nel rispetto dei tempi pianificati
- 3) Qualità: sviluppo conclusione del progetto nel rispetto delle specifiche progettuali e del livello di qualità previsto
- 4) Soddisfazione del cliente: raggiungimento delle aspettative e dei desiderata del cliente
- 5) Soddisfazione del team: raggiungimento degli obiettivi del team, comunicazione efficace all'interno e all'esterno del gruppo, motivazione e apprendimento di ogni partecipante
- 6) Rischio: gestione delle componenti di rischio del progetto
- 7) Prestazioni finanziarie: raggiungimento delle prestazioni del progetto da un punto di vista economico-finanziario (ad es. ritorno dell'investimento, quota di mercato)
- 8) Salute e sicurezza: rispetto degli standard di salute e sicurezza previsti dal progetto e dalle normative
- 9) Cantiere: raggiungimento degli obiettivi di gestione del cantiere previsti dal progetto e dalle normative

Si nota come in generale, l'analisi delle prestazioni di progetto si concentri sugli indicatori di tempo, costo e qualità, il noto "iron triangle" o triplo vincolo. In particolare, molti degli indicatori riferiti al costo ed al tempo sono indicatori oggettivi, tangibili e facilmente misurabili.

| Prestazione  |    | KPI                                  | Autore  |                    |
|--------------|----|--------------------------------------|---|--------------------|
| <b>COSTO</b> | 1  | Construction cost performance        | $[(\text{Actual construction cost} - \text{estimated construction cost}) / (\text{estimated cost})] * 100$                | Luu et al. (2008)  |
|              | 2  | Cost Efficiency                      | $(\text{Revenue} - \text{Expense}) / \text{Revenue}$  | Cha & Kim (2011)   |
|              | 3  | Cost Effectiveness                   | $[(\text{Project Cost} - \text{Average Cost of Similar Projects}) / \text{Average Cost of Similar Projects}]$             | Cha & Kim (2011)   |
|              | 4  | Cost Rate                            | $\text{Expense} / \text{Revenue}$   | Cha & Kim (2011)   |
|              | 5  | Design Cost Predictability           | $(\text{Performed Design Cost} - \text{Planned Design Cost}) / \text{Planned Design Cost}$                                | Cha & Kim (2011)   |
|              | 6  | Construction Cost Predictability     | $(\text{Revenue} - \text{Planned Revenue}) / \text{Planned Revenue}$  | Cha & Kim (2011)   |
|              | 7  | Budget Reduction Rate                | $(\text{Value Engineering Cost Savings} - \text{Value Engineering Cost}) / \text{Planned Cost}$                           | Cha & Kim (2011)   |
|              | 8  | Unit cost                            | $\text{Final contract sum} / \text{Gross floor area (m}^2\text{)}$  | Chan & Chan (2004) |
|              | 9  | Per cent NETVAR                      | $[(\text{Net value of variations} / \text{Final contract sum})] * 100$  | Chan & Chan (2004) |
|              | 10 | Productivity(1)                      | $\text{Units} / \text{Man Hour}$  | Cox et al. (2003)  |
|              | 11 | Productivity(2)                      | $\$/\text{Unit}$  | Cox et al. (2003)  |
| <b>TEMPO</b> | 12 | Schedule Efficiency                  | $(\text{Planned Schedule} - \text{Completed Schedule}) / \text{Planned Schedule}$   | Cha & Kim (2011)   |
|              | 13 | Schedule Effectiveness               | $[(\text{Project Schedule} - \text{Average Schedule of Similar Projects}) / \text{Average Schedule of Similar Projects}]$ | Cha & Kim (2011)   |
|              | 14 | Design Schedule Predictability       | $(\text{Performed Design Schedule} - \text{Planned Design Schedule}) / \text{Planned Design Schedule}$                    | Cha & Kim (2011)   |
|              | 15 | Overtime Work Rate                   | $\text{Overtime Days} / \text{Performed Schedule}$  | Cha & Kim (2011)   |
|              | 16 | Schedule Reduction Rate              | $(\text{Value Engineering Schedule Savings} - \text{Value Engineering Schedule}) / \text{Planned Schedule}$               | Cha & Kim (2011)   |
|              | 17 | Construction Schedule Predictability | $(\text{Performed Construction Schedule} - \text{Planned Construction Schedule}) / \text{Planned Construction Schedule}$  | Cha & Kim (2011)   |
|              | 18 | Construction time                    | $\text{Practical completion date} - \text{Project commencement date}$   | Chan & Chan (2004) |
|              | 19 | Speed of construction                | $\text{Gross floor area (m}^2\text{)} / \text{Construction time (days/week)}$   | Chan & Chan (2004) |
|              | 20 | Time variation                       | $[(\text{Construction time} - \text{Revised contract period}) / \text{Revised contract period}] * 100$                    | Chan & Chan (2004) |
|              | 21 | Lost Time Accounting                 | Number of man-hours lost due to idle time such as waiting for materials, instructions, or daily work orders               | Cox et al. (2003)  |

|  |    |  |  |                     |
|--|----|--|--|---------------------|
|  | 22 | Construction time performance              | $[(\text{Discounted construction time}) / (\text{Revised construction time})] * 100$   | Luu et al. (2008)   |
| <b>QUALITA'</b>  | 23 | Defect Frequency                           | Number of Registered Non-Conformance/Number of Tests   | Cha & Kim (2011)    |
|  | 24 | Rework Rate                                | Number of Rework Items/Number of Registered Non-Conformance  | Cha & Kim (2011)    |
|  | 25 | Quality management system (QMS)            | Degree of QMS performance is measured by a five-point Likert-type mark   | Luu et al. (2008)   |
|  | 26 | Non-Conformance Rate                       | Number of Registered Non-Conformance/Gross Area  | Cha & Kim (2011)    |
|  | 27 | Quality Control/Rework                     | Change in the number of man-hours and material costs for repairing work in place or rehandling materials   | Cox et al. (2003)   |
|  | 28 | Quality performance (civil/building works) | Average number of non-conformance reports generated per month (for civil/building works)   | Yeung et al. (2008) |
| <b>STAKEHOLDERS - CUSTOMER SATISFACTION</b>            | 30 | Customer satisfaction on product/service   | The degree of customer satisfaction on the contractor's construction product/service is measured by a 10-point Likert-type mark                        | Luu et al. (2008)   |
| <b>STAKEHOLDERS - TEAM / PARTICIPANTS SATISFACTION</b> | 31 | Turnover                                   | Total number of people who left in the time frame by the average number of total employees over the same time frame                                    | Cox et al. (2003)   |
|  | 32 | Motivation                                 | Worker's attitude towards the job and the environment created on the job site, measured by a Likert-type scale   | Cox et al. (2003)   |
|  | 33 | Trust and respect                          | Degree of trustfulness and respectfulness among different project stakeholders, measured by a Likert-type scale  | Yeung et al. (2008) |
|  | 34 | Effective communications                   | Degree of effective cooperation, communication and teamwork at all levels, measured by a Likert-type scale   | Yeung et al. (2008) |
|  | 35 | Absenteeism                                | The change in the number of lost man-hours due to absences over the duration of the construction project   | Cox et al. (2003)   |
| <b>HEALTH &amp; SAFETY</b>                             | 36 | Accident Rate (1)                          | $\text{Number of Accident} * 200,000 / \text{Total Work Hour}$   | Cha & Kim (2011)    |
|  | 37 | Accident rate (2)                          | $(\text{Total no of reportable construction site accidents}) / (\text{Total no of workers employed or man-hours worked on a specific project}) * 1000$ | Chan & Chan (2004)  |
|  | 38 | Safety Cost Ratio                          | Safety Cost /Revenue   | Cha & Kim (2011)    |
|  | 39 | Safety Education                           | Number of Training/Gross Area  | Cha & Kim (2011)    |
|  | 40 | Environmental Performance                  | Application of ISO14000 norms  | Chan & Chan (2004)  |
|  | 41 | Construction Waste Rate                    | Recycled Waste/Gross Construction Waste  | Cha & Kim (2011)    |

|                  |    |                           |   |                       |
|------------------|----|---------------------------|---|-----------------------|
|                  | 42 | Recycling Rate            | Gross Construction Waste/Gross Area   | Cha & Kim (2011)      |
| <b>SITE</b>      | 43 | Management Productivity   | Revenue / Number of Management Personnel  | Cha & Kim (2011)      |
|                  | 44 | Labor Productivity        | Revenue/Labor Work Hour   | Cha & Kim (2011)      |
|                  | 45 | Resource Management       | Productivity changes by the amount of materials, tools, and equipment expended during the construction operation  | Cox et al. (2003)     |
|                  | 46 | Earned Man-Hours          | Man-hours are earned for completed work in place. By multiplying the estimated unit rates by the amount of work completed (units), one arrives at the number of man-hours earned for that particular task to date. Subtracting the actual number of man-hours charged to a task from the number of earned man-hours provides an indicator of job productivity | Cox et al. (2003)     |
|                  | 47 | Material Theft Rate       | Theft Cost/ Revenue   | Cha & Kim (2011)      |
|                  | 48 | Material Theft Frequency  | Number of Theft /Project Schedule   | Cha & Kim (2011)      |
| <b>FINANCIAL</b> | 49 | NPV                       | Net Present Value formula   | Chan & Chan (2004)    |
|                  | 50 | Market Share              | Change in the market share  | Shenhar et al. (2001) |
|                  | 51 | Financial Cost Ratio      | $[(\text{Cost}-\text{Revenue}) \times \text{Interest Rate}] / \text{Revenue}$   | Cha & Kim (2011)      |
| <b>RISK</b>      | 52 | Contingency Rate          | Contingency/Gross Area  | Cha & Kim (2011)      |
|                  | 53 | Change Order Cost/Revenue | Change Order Cost/Revenue   | Cha & Kim (2011)      |

**Tabella 3.4 Elenco Prestazioni e KPI evinte dall'analisi della letteratura**

### 3.4 IPOTESI DI RICERCA

Il CHAOS Manifesto, pubblicato dallo Standish Group Int., riporta che nel 2012, secondo una ricerca condotta su un vasto campione di progetti svolti nel settore informatico, prevalentemente americani e europei, il 43% di questi progetti non abbia raggiunto le performances previste, eccedendo o il budget di costi, o la durata prevista, o presentando un livello di funzionalità inferiore alle attese. Sempre lo stesso report, mostra come il 18% di questi progetti sia addirittura del tutto fallito (CHAOS Report, 2013).

Molti autori concordano nel fatto che la complessità sia una delle principali cause di insuccesso nello sviluppo e nella gestione di un progetto. Tatikonda e Rosenthal

(2000), ad esempio, conducendo uno studio su un campione di 120 progetti di sviluppo nuovo prodotto, dimostrano che la complessità di progetto, valutata in termini di interdipendenza tecnologica, novità negli obiettivi e difficoltà progettuale, è associata a basse prestazioni di costo unitario. Ivory and Alderman (2005), invece, suggeriscono di leggere le cause di fallimento delle grandi opere di ingegneria come una conseguenza della complessità, ossia delle interazioni multiple, delle contrapposizioni interne, della dispersione geografica e della natura «multi-nodale» di questi progetti. Daniels e LaMarsh (2007) affermano che molti progetti IT falliscono proprio a causa della complessità di progettazione, e dell'incoerenza tra gli obiettivi di progetto e le pratiche di project management. Hass (2009) fa notare che molti progetti falliscono, o sono terminati prima del loro completamento, o in generale sono lontani dalle aspettative dei clienti, principalmente a causa della loro complessità. Wood e Gidado (2008) paragonano i progetti di costruzione a sistemi complessi. Gli autori fanno notare che se il processo di costruzione viene considerato come una semplice sequenza lineare ed ordinata di fenomeni prevedibili, questo può portare a scarse prestazioni di tempo, costo e qualità, mentre sarebbe più opportuno considerare i progetti di costruzione alla stregua di fenomeni complessi, dinamici in contesti non lineari (Wood e Gidado, 2008). Antoniadis (2011) infine, nel suo studio dimostra che all'aumentare della complessità delle interconnessioni, le performance di progetto peggiorano.

In letteratura è quindi opinione comune associare alla complessità un impatto sulle prestazioni di progetto, con l'effetto di avere un peggioramento di queste, in particolare della prestazione tempo e della prestazione costo, legato alle dimensioni della complessità. Da queste considerazioni sono state quindi derivate le ipotesi di ricerca, che hanno l'obiettivo di testare l'impatto della complessità sulle prestazioni di progetto:

H1: «La complessità di progetto ha un impatto sulla prestazione costo»

H2: «La complessità di progetto ha un impatto sulla prestazione tempo»

H1.1 «L'impatto della complessità di progetto peggiora la prestazione costo»

H2.1 «L'impatto della complessità di progetto peggiora la prestazione tempo»

## 4 METODOLOGIA DI RICERCA

### 4.1 INDICATORI DELLA COMPLESSITÀ DI PROGETTO E DELLE PRESTAZIONI

Per misurare la complessità di progetto e le prestazioni, sono stati costruiti degli specifici indicatori di misurazione.

Per quanto riguarda la definizione degli indicatori della complessità di progetto, al fine di ottenere degli indicatori osservabili, tangibili e chiaramente definiti (Croom, 2008, p.66), è risultato indispensabile individuare un ambito dove la complessità di progetto potesse essere misurabile. La scelta è quindi ricaduta sul settore delle costruzioni, in quanto esso è tipicamente riconosciuto nella letteratura del project management come uno dei settori nel quale i progetti sono eseguiti e gestiti in scenari di elevata complessità. Difatti, come ricorda Baccharini (1996) *“Construction projects are invariably complex and since World War II have become progressively more so”*. Froese (2010) sottolinea che *“Construction projects are often described as large and increasingly complex. A greater understanding of the nature of this complexity can point to the areas where the need for improved management is greatest”*, mentre Cicmil e Marshall (2005) suggeriscono *“[...] to explore this notion of complexity of construction projects further by considering a theoretical shift argued for by a number of writers in the broader field of project management”*.

Gli indicatori della complessità di progetto e delle prestazioni sono stati quindi definiti con riferimento ad uno specifico attore nella filiera di costruzione di grandi edifici e opere architettoniche. L'oggetto di studio di questa ricerca ha riguardato una serie di progetti di eseguiti da un gruppo che opera a livelli internazionali nella progettazione, realizzazione ed installazione di rivestimenti esterni e facciate continue per grattacieli, con progetti eseguiti in diverse aree geografiche, tra cui America, Europa, Asia e Medio-Oriente.

## 4.2 PROCESSO DI DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI DI MISURAZIONE

È qui descritto il processo che ha portato alla costruzione e definizione degli indicatori di misurazione proposti in questa ricerca.

Al fine di garantire la validità degli indicatori, la loro definizione ha seguito un processo per fasi:

- 1) Definizione preliminare degli indicatori sulla base dell'analisi della letteratura
- 2) Condivisione e revisione degli indicatori con esperti di controllo e gestione di progetti dell'azienda oggetto di studio
- 3) Condivisione e revisione degli indicatori con il senior management dell'azienda oggetto di studio

Nella fase iniziale, sono stati ripresi i concetti e le descrizioni delle dimensioni della complessità di progetto e delle prestazioni emersi dall'analisi della letteratura mostrata al capitolo precedente, al fine di:

- valutare la presenza di proposte di indicatori di già esistenti in letteratura;
- definire in via preliminare degli indicatori adatti a misurare la complessità di progetto e le prestazioni nel settore delle costruzioni.

Gli indicatori così definiti sono stati sottoposti dapprima al giudizio di esperti di controllo e gestione di progetto, provenienti dall'azienda oggetto di studio. Gli indicatori così rivisti sono stati condivisi in seconda battuta anche con il senior management dell'azienda. Come mostrato in figura 4.1, il processo seguito è stato sequenziale ed iterativo: ad ogni revisione degli indicatori da parte degli esperti di progetto e del senior management, questi sono stati affinati, e di nuovo sottoposti al loro giudizio, al fine di giungere alla una proposta definitiva degli indicatori della complessità di progetto e delle prestazioni validi per lo specifico settore di riferimento.



Figura 4.1 Processo di definizione degli indicatori di misurazione

## 4.3 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI DELLA COMPLESSITÀ DI PROGETTO

### 4.3.1 INDICATORE DI MISURAZIONE DELLA DIVERSITÀ TECNICA

Abbiamo visto dall'analisi della letteratura che la dimensione della diversità tecnica descrive:

- la numerosità delle differenti tipologie di input/output (Baccarini, 1996)
- la numerosità degli elementi di progetto (Dawidson et al., 2004; Williams, 1999)
- la numerosità e la differenziazione di moduli, sottosistemi ed elementi integrati (Camci and Kotnour, 2006; Dawidson et al., 2004; Shenhar, 2001;)

- la varietà di risorse, componenti, dipendenze, tecnologie usate (Camci and Kotnour 2006; Froese, 2010; Vidal & Marle, 2008; Vidal et al. 2010;)
- dimensione del progetto, in termini di quantità di risorse ed ampiezza dello scope of work (Vidal & Marle, 2008; Vidal et al. 2010)

Riferendosi ai progetti di progettazione, realizzazione ed installazione di facciate continue, l'indicatore di misurazione della diversità tecnica proposto è:

$$\text{INDICATORE DIVERSITÀ TECNICA} = \frac{\text{[Numero di cellule diverse prodotte per lo stesso progetto]}}{\text{superficie totale della facciata in m}^2}$$

La cellula è un'unità elementare della facciata, composta generalmente da pannelli di vetro montati su una struttura in acciaio o alluminio. Una facciata continua è composta da un insieme di cellule. Questo indicatore restituisce un'indicazione della diversità in quanto la numerosità delle tipologie di cellule rappresenta la varietà progettuale degli elementi costituenti il progetto della facciata, evidenziando quanti siano i diversi tipi di cellule prodotte per uno stesso progetto. Per superficie della facciata si intende solo la porzione di facciata riferita al progetto eseguito. Se ne deriva quindi che bassa diversità è associata a una facciata standard e regolare. questa regolarità può essere dovuta sia alla presenza di caratteristiche di bassa complessità tecnica legate al progetto originario, ma è legata anche alla capacità dell'azienda di ridurre la complessità tecnica del design originale durante le fasi di ingegnerizzazione del progetto. Alta diversità implica una facciata piuttosto articolata, con presenza di vari tipi di cellule che per caratteristiche di progettazione, assemblaggio od installazione, sono diverse tra loro.

#### 4.3.2 INDICATORE DI MISURAZIONE DELL'INTERDIPENDENZA ORGANIZZATIVA

Abbiamo visto che l'interdipendenza organizzativa comprende quegli aspetti della complessità trattano delle relazioni, delle interfacce e della gestione del progetto da un punto di vista organizzativo e degli attori coinvolti. Dalle definizioni emerse dall'analisi letteratura, ricordiamo che essa è definita da:

- interdipendenze tra attori, team, dipartimenti, uffici, società (Baccarini, 1996)
- numero di interfacce nell'organizzazione di progetto (Vidal e Marle, 2008; Vidal et al. 2010)
- interconnessioni nel network di progetto (Vidal e Marle, 2008; Vidal et al. 2010)

L'indicatore di misurazione dell'interdipendenza organizzativa proposto per questa ricerca è:

INDICATORE = Numero delle società coinvolte nella realizzazione del  
 INTERDIPENDENZA progetto

Questo indicatore restituisce una misura dell'ampiezza del coinvolgimento di altre società al processo di realizzazione del progetto. Si ricorda che sono stati presi in considerazione progetti di realizzazione di grattacieli e grandi edifici, che presuppongono l'esistenza di grandi gruppi operanti nel settore dell'edilizia coinvolti nella filiera di realizzazione dell'edificio. Difatti, anche l'attore che stiamo considerando all'interno di questo studio non è rappresentato da una singola società, ma da un gruppo composto da più società, le quali possono partecipare in collaborazione tra di loro per la realizzazione della facciata. Ad esempio, una o più società potrebbero essere coinvolte alla parte iniziale di progettazione della facciata, poi altre possono intervenire successivamente per la parte di acquisti, produzione ed assemblaggio delle cellule, ed infine potrebbero essere presenti in ultimo società coinvolte nell'installazione della facciata. Queste collaborazioni possono avvenire tra società all'interno della stessa area geografica, ossia all'interno della stessa nazione o continente, oppure tra società appartenenti ad aree geografiche differenti.

Se un progetto ha una parte di scope of work realizzata in collaborazione tra più società del gruppo, questo presuppone che sia necessario un adeguato livello di coordinamento degli attori coinvolti per un'opportuna ed efficace gestione delle attività di progetto. Di conseguenza, un progetto realizzato tra più società prevede un elevato tasso di interdipendenza tra gli attori coinvolti. La società che firma il contratto è la "società principale", mentre le società che intervengono a realizzare le diverse parti del progetto, in qualità di sub-fornitori interni al gruppo, sono "società

collaboratrici". Se non c'è nessuna collaborazione, significa che il progetto è stato interamente svolto una sola società, ossia quella principale. Una collaborazione intra-area significa che la società collaboratrice che realizza parte dello scope of work di progetto appartiene alla stessa area geografica della società principale, mentre una collaborazione inter-area avviene quando le società collaboratrici che realizzano la parte di scope of work appartengono ad un'area geografica diversa da quella della società principale.

### 4.3.3 INDICATORE DELL'INCERTEZZA

Secondo quanto evinto dalla letteratura, l'incertezza intesa come dimensione della complessità di progetto è definita da:

- incertezza negli obiettivi, nella precisione della loro definizione (Williams, 1999; Dawidson et al., 2004; Lebcir, 2006)
- novità degli obiettivi (Tatikonda e Rosenthal, 2000)
- incertezza nei metodi, nella precisione della definizione dei metodi e i dei mezzi per raggiungere tali obiettivi (Williams, 1999; Dawidson et al., 2004; Lebcir 2006)
- incertezza nelle nuove tecnologie di prodotto o processo (Shenhar, 2001)
- adeguatezza delle informazioni disponibili (Pich et al. 2002)

Va notato che l'incertezza è tra le dimensioni della complessità più difficili da quantificare, e, di fatto, da misurare. Williams (1999) sottolinea che "[...] *uncertainty measures are probably difficult to operationalise into a quantifiable parameter. The vagueness of the goals might be measurable by how long it would take to establish whether the goals were satisfied; changes in goals could perhaps be measured in terms of contract changes*". Williams suggerisce quindi di considerare come misura dell'incertezza il cambiamento degli obiettivi, che può essere misurato in termini di cambiamenti e variazioni nel contratto. In linea con questa interpretazione, è stato quindi costruito un indicatore dell'incertezza che tenesse conto delle dinamiche del settore delle costruzioni:

INDICATORE = [(Valore dei claim non ancora approvati + Valore delle varianti  
INCERTEZZA non ancora approvate) / Valore finale del progetto]

L'indicatore introduce due termini tipici dei progetti di construction: i claim, e le varianti al progetto. I claim sono rappresentati dagli extra costi non previsti ad inizio del contratto, sostenuti dalla società per realizzare una porzione di lavoro prevista dallo scope of work dal cliente. Questi costi sono sottomessi al cliente, affinché essi siano riconosciuti ed approvati. Sono costi che tipicamente occorrono per cause indipendenti dalla società subappaltatrice: un esempio classico sono i claim di "Extension Of Time", ossia quei costi straordinari che devono sostenere a causa dei ritardi in cantiere causati dagli altri attori a monte della filiera di costruzione. Le varianti di progetto invece riguardano modifiche al contratto principale che vengono concordate tra cliente e subappaltatore durante l'esecuzione del progetto. La presenza di claim e varianti è una condizione abituale nel settore delle costruzioni, che può verificarsi durante tutto il ciclo di vita del progetto, e di solito si risolve con l'ottenimento dell'approvazione, totale o parziale, da parte del cliente. Progetti prossimi alla conclusione che mostrano ancora la presenza di claim o varianti non ancora approvate da parte del cliente, fanno supporre un rischio di mancato accordo da parte del cliente e quindi una negoziazione ancora in corso su una parte di lavoro già svolta, e di conseguenza un'incertezza sul raggiungimento dell'obiettivo finale del progetto.

#### 4.3.4 INDICATORE DELLA DINAMICITÀ

La dinamicità è quella dimensione della project complexity che misura il grado di cambiamento, il "passo" che il progetto ha avuto, e che può essere definita da:

- cambiamento nel progetto (Geraldi et al., 2011)
- cambiamento nelle specifiche tecniche (Geraldi et al., 2011)
- cambiamento nel team (Geraldi et al., 2011)
- ristrutturazioni organizzative (Maylor et al., 2008)
- cambiamento culturale legato all'esecuzione del progetto (Maylor et al., 2008)

Al fine di misurare la dinamicità di progetto nel settore delle costruzioni, la proposta di indicatore è la seguente:

$$\text{INDICATORE DINAMICITÀ} = \frac{[(\text{Valore finale del contratto} - \text{Valore originale del contratto}) / \text{Valore originale del contratto}]$$

Durante il ciclo di vita del progetto, il cliente può richiedere delle modifiche allo scope of work. Possono essere variazioni quantitative, ad esempio la richiesta di realizzare un numero maggiore di piani di facciata dell'edificio, oppure di tipo qualitativo, ossia la richiesta da parte del cliente di utilizzare un diverso tipo di elementi o specifici materiali per la realizzazione del progetto. Il rapporto tra il valore finale del progetto e il valore originale del contratto restituisce un'indicazione di quanto l'ambito del progetto sia cambiato durante il ciclo di vita di progetto, evidenziando in l'aumento, o l'eventuale diminuzione, di scope of work, rispetto al valore iniziale. L'indicatore può restituire un valore positivo, indicando quindi un aumento del progetto, oppure un valore negativo, indicando quindi una diminuzione dello scope of work, e di conseguenza, una riduzione del valore originale del progetto. In generale, questo indicatore fornisce un'indicazione di quanto il progetto sia evoluto nel corso del tempo, e di come sia stato possibile rispondere a richieste di modifiche, cambiamenti e variazioni in corso d'opera.

## 4.4 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI DI MISURAZIONE DELLE PRESTAZIONI DI PROGETTO

Nel capitolo precedente abbiamo visto che le prestazioni che possono essere considerate al fine di valutare il successo di un progetto sono: tempo, costo, qualità, soddisfazione del cliente, soddisfazione del team, salute e sicurezza, cantiere, prestazioni finanziarie e rischio.

Le prestazioni di progetto che sono state prese in considerazione all'interno di questa ricerca sono due: tempo e costo, che, assieme alla qualità, rappresentano le prestazioni da monitorare secondo l'iron triangle o "triplo vincolo". Queste di fatto sono le prestazioni classicamente utilizzate per misurare il raggiungimento degli obiettivi, e quindi, il successo del progetto. Tuttavia, nello specifico caso oggetto di studio di questa ricerca, è stato possibile misurare le sole prestazioni di tempo e costo, a causa della disponibilità delle informazioni.

### 4.4.1 INDICATORE DELLA PRESTAZIONE TEMPO

$$\text{INDICATORE TEMPO} = \left[ \frac{\text{Durata effettiva del progetto (mesi)}}{\text{Durata stimata del progetto (mesi)}} \right]$$

Il tempo è stato misurato come il rapporto tra la durata effettiva del progetto rilevata a fine commessa, e la durata del progetto stimata durante la fase iniziale di budget. L'unità di misura è il numero dei mesi che sono stati necessari per la realizzazione del progetto.

L'indicatore di misurazione esprime un rapporto, ne consegue che:

- Un valore dell'indicatore maggiore di 1 indica che è stato impiegato un numero maggiore di mesi rispetto a quelli pianificati per realizzare il progetto. Il progetto presenta quindi un ritardo nella sua esecuzione.
- Un valore dell'indicatore inferiore a 1 indica che è stato impiegato un numero minore di mesi rispetto a quelli pianificati per realizzare il progetto. Il progetto è quindi in anticipo rispetto a quanto previsto ad inizio commessa.

- Un valore dell'indicatore pari ad 1, o molto vicino ad 1, indica che il numero di mesi impiegati per realizzare il progetto è in linea con quanto pianificato.

#### 4.4.2 INDICATORE DELLA PRESTAZIONE COSTI / RICAVI

$$\text{INDICATORE COSTI / RICAVI} = \frac{[(\text{Costi effettivi} / \text{Ricavi effettivi}) - (\text{Costi originali} / \text{Ricavi originali})]}{1}$$

Come si nota, i costi non sono stati misurati in termini di valore assoluto, bensì in termini di rapporto sui ricavi. Questo perché l'oggetto della ricerca riguarda progetti svolti nel settore delle costruzioni, dove possono essere frequenti richieste di variazioni e modifiche da parte del cliente durante il corso d'opera. La presenza di varianti al progetto portano ad un aumento dello scope of work, e di conseguenza un aumento dei costi totali del progetto, e dei ricavi. Ad esempio, nel caso di un progetto con molte varianti, se a fine commessa si andasse a misurare in valore assoluto la differenza tra i costi effettivamente sostenuti, rispetto a quelli pianificati all'inizio, questi sarebbero inevitabilmente più alti, e non a causa di una non ottimale gestione delle risorse, bensì a causa della presenza di un maggiore scope of work di progetto. Misurando invece i costi in rapporto ai ricavi, ottengo una misura di quanto i costi incrementali i siano variati rispetto ai ricavi incrementali. Ad esempio, supponendo che ad inizio commessa la stima del rapporto costi/ricavi pianificata sia pari al 90%, e poi a fine commessa, tenendo conto di tutte le modifiche e variazioni del progetto, questa sia pari a 93%, se ne deduce che i costi incrementali sono aumentato di più rispetto ai ricavi incrementali.

L'indicatore di misurazione esprime una differenza, ne consegue che:

- Un valore dell'indicatore maggiore di 0 indica che il rapporto costi/ricavi sostenuti è più elevato rispetto al rapporto costi/ricavi pianificati ad inizio commessa.
- Un valore dell'indicatore minore di 0 indica che il rapporto costi/ricavi sostenuti è inferiore rispetto al rapporto costi/ricavi pianificati ad inizio commessa.

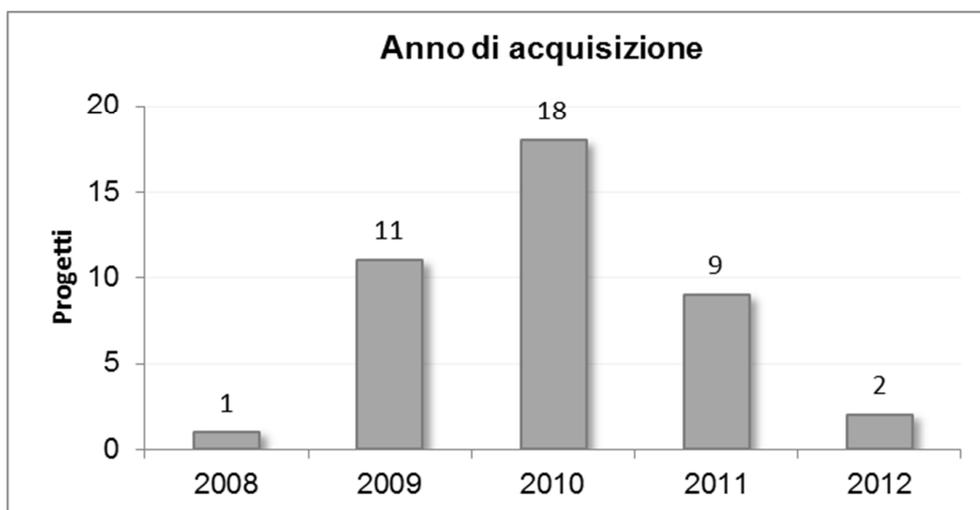
- Un valore dell'indicatore pari a 0, o molto vicino allo 0, indica che, il rapporto costi/ricavi sostenuti è uguale, o all'incirca uguale, al rapporto costi/ricavi pianificati all'inizio.

## 5 ANALISI DEI DATI

### 5.1 DEFINIZIONE DEL CAMPIONE E MISURAZIONE DEGLI INDICATORI

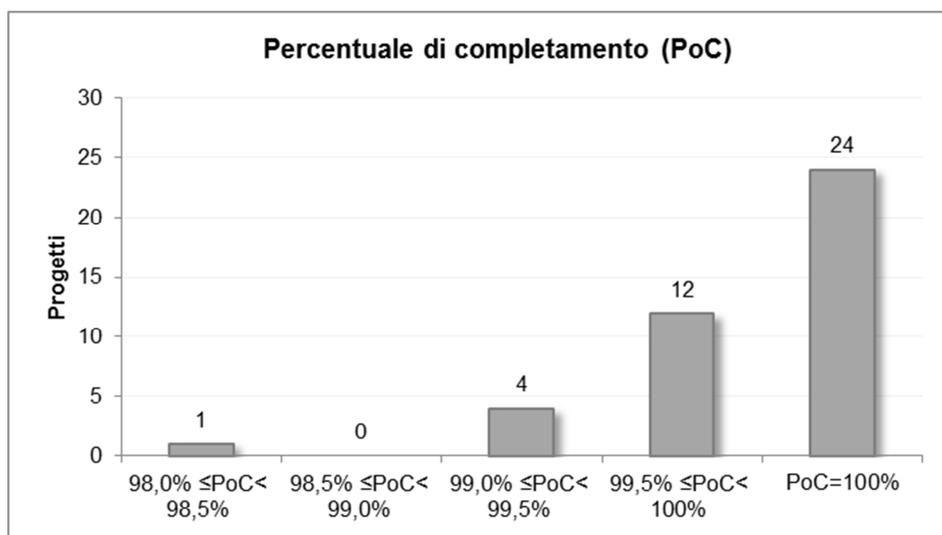
In questo capitolo è presentata la parte di ricerca quantitativa di questo studio. Come già anticipato nei capitoli precedenti, è stato selezionato un campione di progetti svolti nel settore delle costruzioni, e più nello specifico, di realizzazione ed installazione di facciate esterne, svolti dal gruppo oggetto di studio, al fine di valutare la relazione esistente tra la complessità di progetto e le prestazioni. La complessità di progetto e le prestazioni sono state valutate mediante gli indicatori di misurazione presentati al Capitolo 4: la complessità è stata misurata attraverso gli indicatori di diversità tecnica, interdipendenza organizzativa, incertezza e dinamicità, mentre le prestazioni sono state misurate in termini di prestazioni di tempo e costi/ricavi.

Il campione selezionato è costituito da 41 progetti di realizzazione ed installazione di facciate esterne, acquisiti dal gruppo oggetto di studio tra gli anni 2008 ed 2012. La maggior parte dei progetti è stata acquisita nel 2009 (11 progetti), nel 2010 (18 progetti) e nel 2011 (9 progetti), mentre 1 solo progetto è stato acquisito nel 2008, e solo 2 nel 2012. Il tempo medio di esecuzione di un progetto può variare tra i 2-3 anni; di conseguenza, al momento della misurazione degli indicatori, tutti i progetti presi in considerazione nel campione erano terminati, o prossimi alla loro conclusione.



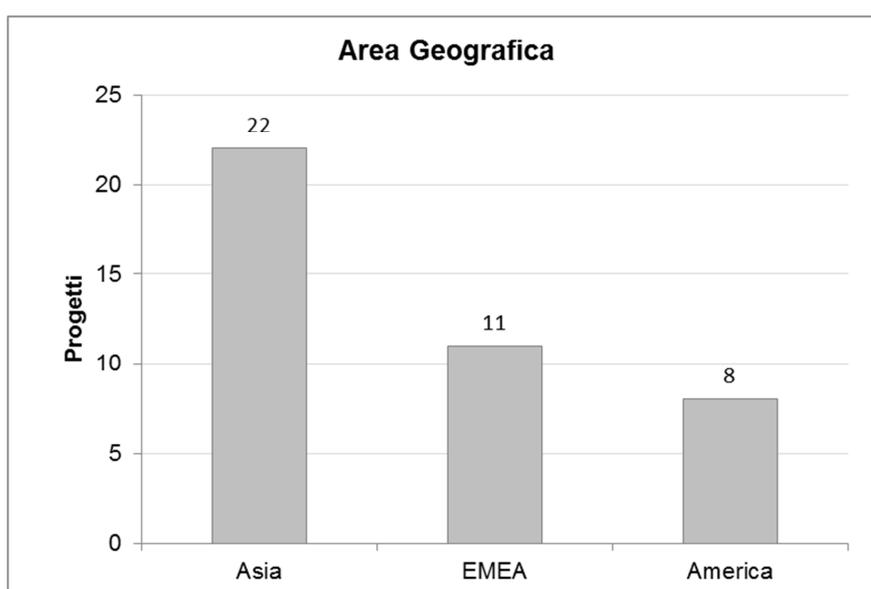
**Figura 5.1 Anno di acquisizione dei progetti dei progetti**

La percentuale di completamento, o PoC - Percentage of Completion, che è stata misurata per i progetti va infatti dal 98,3% al 100%: un solo progetto mostra PoC 98,3%, 4 progetti hanno PoC che va dal 99,1% al 99,4%, 12 progetti hanno PoC che va dal 99,5 al 99,9%, mentre 24 sono i progetti che mostrano PoC pari a 100%. È stato scelto di analizzare solo progetti conclusi, o comunque molto vicini alla conclusione, al fine di giungere ad una valutazione definitiva delle prestazioni di costi/ricavi e tempo, evitando il rischio di cambiamenti e modifiche successive nelle valutazioni delle relazioni tra le dimensioni della complessità di progetto, e delle prestazioni.



**Figura 5.2 Percentuale di completamento dei progetti**

I progetti sono stati eseguiti in tre diverse aree geografiche: Asia, EMEA (Europa e Medio-Oriente), e America. I progetti possono essere stati svolti da una sola società del gruppo, o possono aver coinvolto altre società del gruppo per la loro realizzazione. Le società coinvolte nella collaborazione per la realizzazione del progetto possono provenire dalla stessa area geografica, e quindi si parla di una collaborazione intra-area, o possono far parte di aree geografiche differenti, nel qual caso si ha una collaborazione inter-area.



**Figura 5.3 Aree geografiche di realizzazione dei progetti**

## 5.2 RACCOLTA DATI E MISURAZIONE DEGLI INDICATORI

La complessità di progetto e le prestazioni sono state misurate per ciascuno dei progetti nel campione, mediante gli indicatori di misurazione presentati al Capitolo 4, che riportiamo anche di seguito.

Indicatore di misurazione della Diversità Tecnica:

*[Numero di cellule diverse prodotte per lo stesso progetto / superficie totale della facciata in m<sup>2</sup>]*

Indicatore di misurazione dell'Interdipendenza:

*[Numero delle società coinvolte nella realizzazione della facciata]*

Indicatore di misurazione Incertezza

*[(Valore dei claim non ancora approvati + Valore delle varianti non ancora Approvate) / Valore finale del progetto]*

Indicatore di misurazione Dinamicità

*[(Valore finale del contratto - Valore originale del contratto) / Valore originale del contratto]*

Come si può notare dalla tabella 5.1, i range dei valori delle dimensioni della complessità di progetto hanno scale diverse. Questa differenza nei range è legata alla costruzione degli indicatori scelti per la misurazione della complessità.

|       | DIVERSITA'    | INTERDIPENDENZA | INCERTEZZA   | DINAMICITA'  |
|-------|---------------|-----------------|--------------|--------------|
| RANGE | 0,003 ÷ 0,177 | 1 ÷ 5           | -0,03 ÷ 0,16 | -0,02 ÷ 0,67 |

**Tabella 5.1 Range dei valori delle dimensioni della complessità**

Analogamente, sono state misurate anche le prestazioni di tempo e costi/ricavi mediante gli indicatori di misurazione presentati al Capitolo 4, riportati anche di seguito.

Indicatore Tempo

*[Durata effettiva del progetto (mesi) / Durata stimata del progetto (mesi)]*

Indicatore Costi / Ricavi

*[(Costi effettivi/ Ricavi effettivi)- (Costi originali/Ricavi originali)]*

|       | TEMPO       | COSTI / RICAVI |
|-------|-------------|----------------|
| Range | 1,00 ÷ 2,80 | -0,26 ÷ 0,34   |

**Tabella 5.2 Range dei valori delle prestazioni di tempo e costi/ricavi**

Anche in questo caso, i range delle prestazioni di progetto variano, a causa del tipo di costruzione degli indicatori. La tabella 5.3 mostra le misurazioni per ciascuno dei 41 progetti.

Da queste misurazioni è possibile fare alcune considerazioni preliminari. Per quanto riguarda la diversità tecnica, questa è stata misurata come numero dei diversi tipi di cellule realizzati per il singolo progetto, in rapporto alla superficie della facciata. Valori bassi dell'indicatore corrispondono a una condizione di bassa complessità tecnica, mentre alta diversità implica una facciata piuttosto articolata, con presenza

di vari tipi di cellule che hanno caratteristiche che possono differire per il tipo di progettazione, assemblaggio o installazione.

La misura dell'interdipendenza restituisce il numero di società coinvolte nel progetto. Dalle misure effettuate, si nota che si può andare da un minimo di 1, che rappresenta la singola società che firma il contratto con il cliente, ad un massimo di 5 società coinvolte alla realizzazione del progetto, costituite dalla società principale e le società collaboratrici. Nel campione sono presenti progetti realizzati dalla società principale, in collaborazione con 1, 2, 3 o anche 4 altre società del gruppo. Le collaborazioni possono avvenire tra società provenienti dalla stessa area geografica (collaborazioni "intra-area"), oppure tra società appartenenti ad aree geografiche differenti (collaborazioni "inter-area"). Si nota che nella maggior parte dei casi, i progetti sono stati realizzati mediante una collaborazione tra 2 società (16 progetti), o 3 società (12 progetti). I progetti realizzati da 4 società sono 3, mentre in un solo caso il progetto è stato realizzato attraverso il coordinamento di 5 società. In 9 casi il progetto è stato portato avanti dalla sola società principale. È piuttosto intuitivo che all'aumentare del numero di società coinvolte, aumenti la complessità organizzativa del progetto.

La misura dell'incertezza, calcolata come il rapporto tra la somma dei valori dei claim e delle varianti non ancora approvate rispetto al valore finale del progetto, fornisce una stima di quale sia l'incertezza legata al raggiungimento dell'obiettivo finale del progetto. L'indicatore può avere valore negativo, a causa della presenza di richieste di riduzione dello scope of work ancora da approvare. Si vede come nella maggior parte dei casi, ossia per 30 progetti su 41, il valore misurato dell'incertezza sia pari a 0. Questo significa che per quei progetti non esistono claim o varianti al progetto non ancora approvate dal cliente. Si ricorda che sono stati presi in considerazione progetti terminati o molto prossimi alla loro conclusione: l'esistenza di claim o varianti non ancora approvate alla fine del progetto, presuppone la presenza di un mancato accordo con il cliente, e una negoziazione ancora in corso su una parte di lavoro già svolta. Si vede che in generale l'incertezza legata ai progetti del campione è assente, o comunque piuttosto bassa.

La misura della dinamicità restituisce il grado di cambiamento, il "passo" che il progetto ha avuto. Questo indicatore fornisce una misura di quanto il progetto sia evoluto nel corso del tempo, e di come sia stato possibile rispondere a richieste di modifiche quantitative o qualitative al progetto iniziale. La dinamicità è qui misurata

come differenza del valore finale e originale del contratto, in rapporto al valore originale del contratto. Dalle misurazioni nel campione, si vede che questo indicatore presenta in tre casi un valore negativo, indicando quindi una diminuzione dello scope of work, mentre in tutti gli altri casi il valore è positivo, indicando quindi un aumento dello scope of work progetto. Si vede che, a parte in un caso, il valore restituito è diverso da 0, quindi, in generale, i progetti hanno subito richieste di variazioni nel corso d'opera. La presenza di varianti al progetto è condizione abituale e tipica del settore delle costruzioni.

L'indicatore della prestazione tempo misura il rapporto tra il numero di mesi effettivamente impiegati per realizzare il progetto, e il numero di mesi stimati ad inizio progetto. In questo caso si vede come, in generale, i progetti siano stati svolti impiegando più tempo di quanto previsto ad inizio della commessa. Difatti, solo in 9 casi l'indicatore restituisce un valore pari ad 1, mentre in tutti gli altri casi il valore dell'indicatore è maggiore di 1, descrivendo quindi situazioni di ritardo nella realizzazione del progetto.

Per quanto riguarda la prestazione costi/ricavi, questa è stata misurata come differenza tra il rapporto tra costi e ricavi effettivamente sostenuti per realizzare il progetto, ed il rapporto tra costi/ricavi stimati ad inizio commessa. Un valore dell'indicatore maggiore di 0 indica che il rapporto costi/ricavi sostenuti è più elevato rispetto al rapporto costi/ricavi pianificati ad inizio commessa, mentre un valore dell'indicatore minore di 0 indica che il rapporto costi/ricavi sostenuti è inferiore rispetto al rapporto costi/ricavi pianificati ad inizio commessa. Si nota come in particolare, per 6 progetti il valore ottenuto è negativo, e quindi legato ad un miglioramento della prestazione.

| Progetti | DIVERSITA' | INTERDIPENDENZA | INCERTEZZA | DINAMICITA' | TEMPO | COSTO / RICAUI |
|----------|------------|-----------------|------------|-------------|-------|----------------|
| 1        | 0.011      | 3               | 0.06       | 0.02        | 1.53  | 0.06           |
| 2        | 0.031      | 1               | 0.06       | 0.09        | 1.00  | 0.01           |
| 3        | 0.070      | 1               | 0.00       | 0.03        | 1.00  | -0.01          |
| 4        | 0.051      | 1               | 0.15       | 0.10        | 1.57  | 0.15           |
| 5        | 0.035      | 3               | 0.07       | 0.07        | 1.63  | 0.08           |
| 6        | 0.155      | 3               | 0.00       | 0.58        | 2.20  | 0.11           |
| 7        | 0.047      | 1               | 0.16       | 0.24        | 1.28  | 0.29           |
| 8        | 0.035      | 2               | 0.02       | 0.04        | 1.10  | 0.03           |
| 9        | 0.043      | 2               | 0.00       | 0.10        | 1.39  | 0.02           |
| 10       | 0.089      | 2               | 0.00       | 0.09        | 1.16  | 0.00           |
| 11       | 0.069      | 2               | 0.00       | 0.08        | 1.20  | -0.06          |
| 12       | 0.134      | 3               | 0.02       | 0.05        | 1.27  | 0.06           |
| 13       | 0.046      | 2               | 0.00       | 0.04        | 1.11  | 0.05           |
| 14       | 0.065      | 2               | 0.00       | -0.02       | 1.00  | -0.04          |
| 15       | 0.069      | 3               | 0.00       | -0.01       | 1.00  | 0.07           |
| 16       | 0.058      | 3               | 0.00       | 0.00        | 1.50  | 0.07           |
| 17       | 0.124      | 2               | 0.00       | 0.20        | 1.52  | 0.04           |
| 18       | 0.107      | 4               | 0.00       | 0.10        | 1.57  | 0.05           |
| 19       | 0.109      | 4               | 0.00       | 0.36        | 1.33  | -0.01          |
| 20       | 0.081      | 4               | 0.00       | 0.39        | 1.23  | 0.03           |
| 21       | 0.050      | 3               | 0.00       | 0.67        | 1.40  | -0.07          |
| 22       | 0.159      | 3               | 0.00       | 0.38        | 1.16  | 0.00           |
| 23       | 0.071      | 1               | 0.00       | 0.01        | 1.00  | 0.04           |
| 24       | 0.015      | 2               | 0.00       | 0.07        | 1.00  | 0.02           |
| 25       | 0.177      | 2               | 0.00       | 0.05        | 1.15  | 0.24           |
| 26       | 0.050      | 2               | 0.00       | -0.01       | 1.54  | 0.02           |
| 27       | 0.010      | 3               | 0.00       | 0.06        | 2.80  | 0.34           |
| 28       | 0.079      | 2               | 0.01       | 0.10        | 1.13  | 0.18           |
| 29       | 0.003      | 5               | 0.04       | 0.09        | 1.00  | 0.06           |
| 30       | 0.033      | 1               | 0.00       | 0.60        | 1.00  | -0.26          |
| 31       | 0.018      | 1               | 0.00       | 0.15        | 1.50  | 0.14           |
| 32       | 0.050      | 1               | 0.00       | 0.11        | 1.16  | -0.09          |
| 33       | 0.154      | 2               | 0.00       | 0.17        | 1.72  | 0.20           |
| 34       | 0.158      | 3               | 0.06       | 0.18        | 2.52  | 0.23           |
| 35       | 0.062      | 3               | 0.00       | 0.08        | 1.22  | 0.24           |
| 36       | 0.051      | 3               | 0.00       | 0.13        | 2.53  | -0.02          |
| 37       | 0.051      | 2               | 0.00       | 0.13        | 1.88  | -0.01          |
| 38       | 0.075      | 2               | 0.00       | 0.19        | 1.67  | -0.17          |
| 39       | 0.060      | 2               | 0.00       | 0.20        | 1.00  | -0.16          |
| 40       | 0.052      | 1               | -0.03      | 0.11        | 2.11  | 0.10           |
| 41       | 0.174      | 2               | 0.00       | 0.07        | 1.19  | 0.33           |

**Tabella 5.3 Valori di misurazione delle dimensioni della complessità di progetto e delle prestazioni tempo e costi/ricavi**

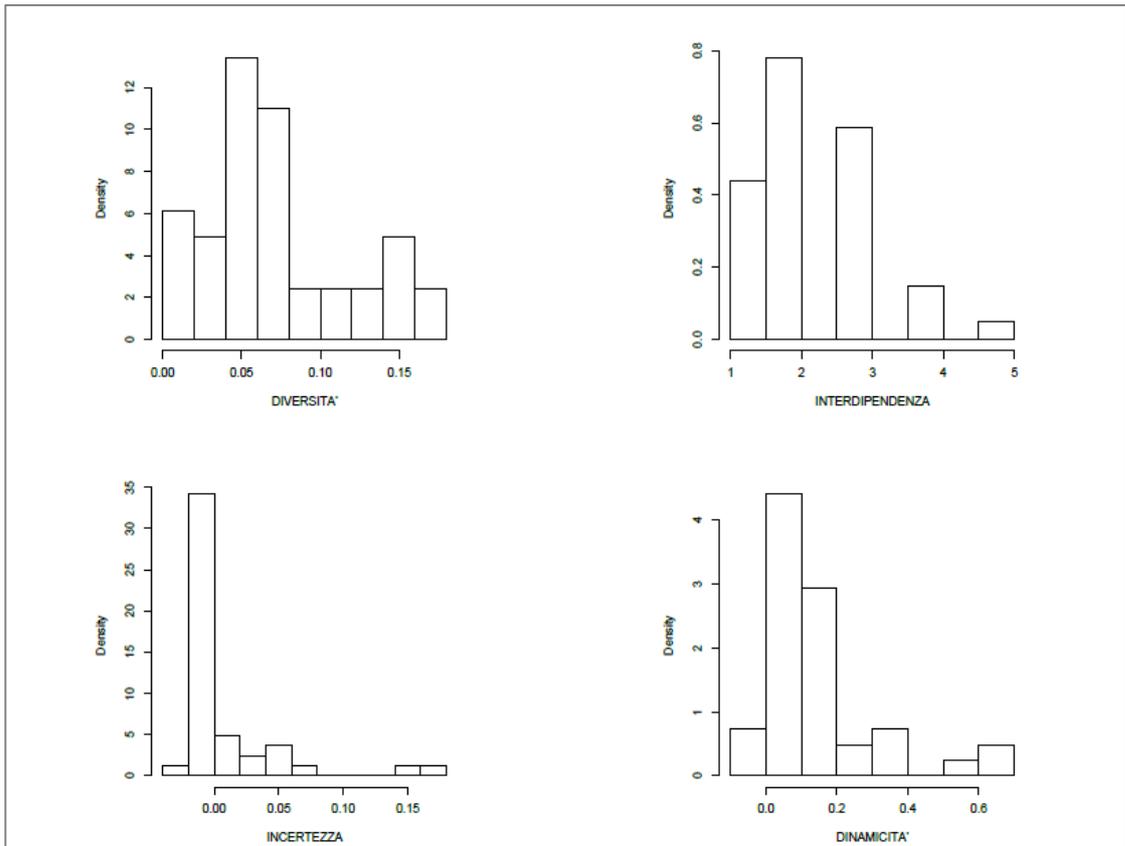
## 5.3 ANALISI STATISTICA

Per valutare la relazione esistente tra le dimensioni della complessità di progetto, e le prestazioni di tempo e costi/ricavi, è stata condotta un'analisi statistica. Tutti i test statistici presentati di seguito, grafici inclusi, sono stati realizzati mediante utilizzo di R, ambiente software per il calcolo statistico<sup>1</sup>.

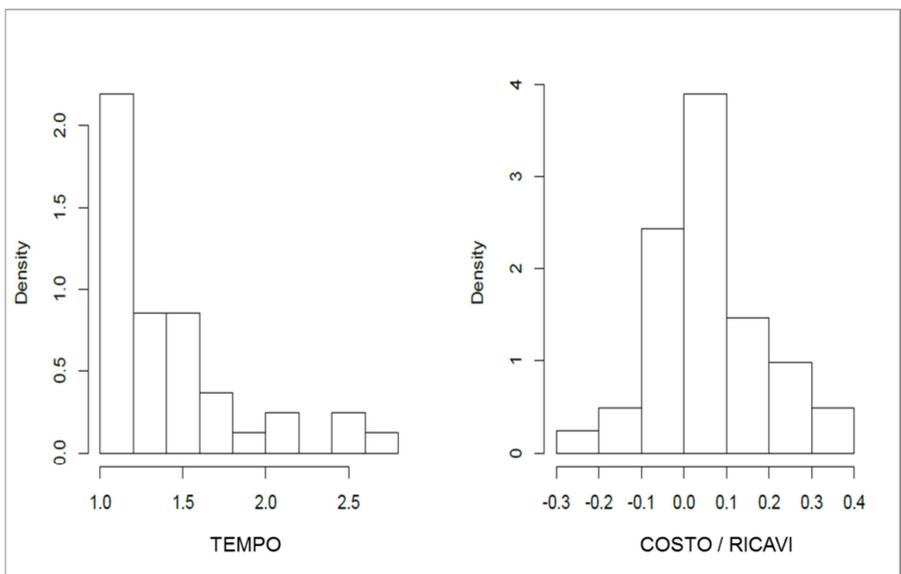
In primo luogo, sono state analizzate le distribuzioni campionarie, al fine di valutare il loro andamento, per fare delle prime considerazioni sulle variabili in esame. Per conoscere la forma delle distribuzioni, sono stati rappresentati gli istogrammi delle distribuzioni. In ascissa questi grafici mostrano gli intervalli di classe, che dividono il campione in gruppi, mentre in ordinata è riportata la densità di frequenza (Navidi, 2006, pp.20-21). Gli istogrammi ottenuti sono mostrati in Figura 5.4 e in Figura 5.5; la frequenza mostrata in ordinata è quella relativa, che si ottiene dividendo la frequenza assoluta per la numerosità totale del campione. Come si evince dalla forma degli istogrammi, nella maggior parte dei casi le distribuzioni mostrano un andamento di tipo non-normale. Non emerge difatti la classica forma "a campana", tipica delle distribuzioni gaussiane, se non per la distribuzione della variabile costi/ricavi.

---

<sup>1</sup> <https://www.r-project.org/>



**Figura 5.4** Istogrammi delle distribuzioni della complessità di progetto



**Figura 5.5** Istogrammi delle distribuzioni delle prestazioni di progetto

|       |   | Type of data   |  |  |   |
|-------|---|--|--|--|---|
|       |   | Measurement (from Gaussian Population)                       | Rank, Score, or Measurement (from Non-Gaussian Population) | Binomial (Two Possible Outcomes)             | Survival Time                               |
| Goals | Describe one group  | Mean, Standard Deviation                                     | Median, Interquartile range                                | Proportion                                   | Kaplan Meier survival curve                 |
|       | Compare one group to a hypothetical value                 | One-sample <i>t</i> test                                     | Wilcoxon test  | Chi-square or Binomial test                  | -   |
|       | Compare two unpaired groups                               | Unpaired <i>t</i> test                                       | Mann-Whitney test  | Fisher's test (chi-square for large samples) | Log-rank test or Mantel Haenszel            |
|       | Compare two paired groups                                 | Paired <i>t</i> test   | Wilcoxon test  | McNemar's test                               | Conditional proportional hazard regression  |
|       | Compare three or more unmatched groups                    | One-way ANOVA  | Kruskal-Wallis test  | Chi-square test                              | Cox proportional hazard regression          |
|       | Compare three or more matched groups                      | Repeated-measures ANOVA                                      | Friedman test  | Cochrane Q                                   | Conditional proportional hazards regression |
|       | Quantify associations between two variables               | Pearson correlation  | Spearman correlation                                       | Contingency coefficients                     | -   |
|       | Predict value from another measured variable              | Simple linear regression or Nonlinear regression             | Nonparametric regression                                   | Simple logistic regression                   | Cox proportional hazard regression          |
|       | Predict value from several measured or binomial variables | Multiple linear regression or Multiple non linear regression | -  | Multiple logistic regression                 | Cox proportional hazard regression          |

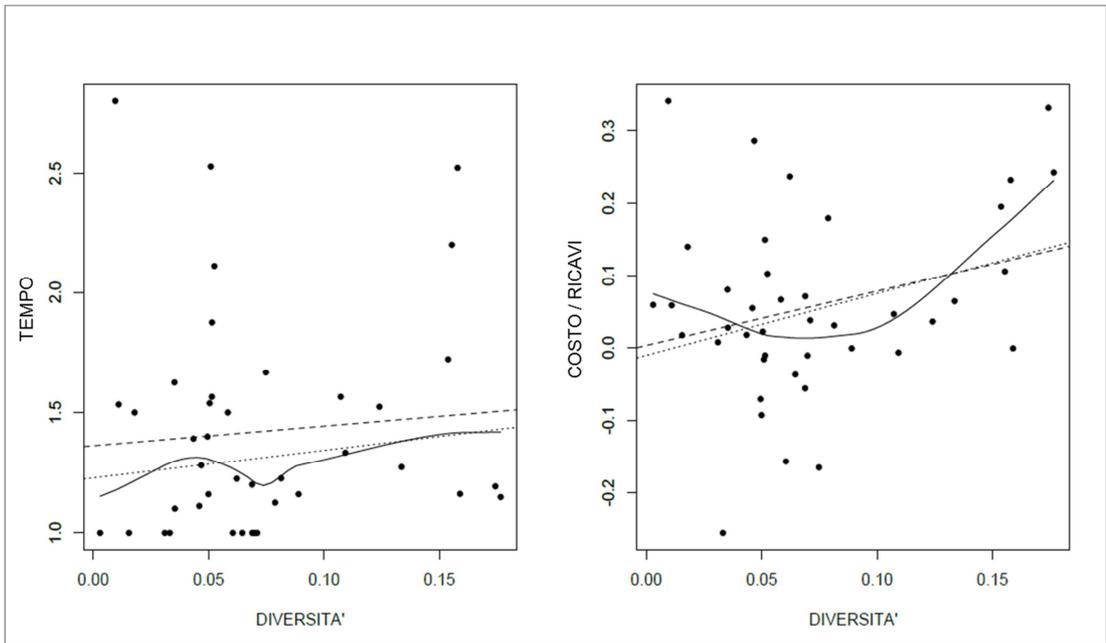
**Figura 5.6 Tipi di test statistici (fonte: Motulsky, 1995)**

È stato quindi determinato quale test statistico potesse essere più appropriato per valutare le relazioni esistenti tra le dimensioni della complessità di progetto e le prestazioni di tempo e costi/ricavi. La Figura 5.6 mostra una sintesi di alcuni dei principali e più noti test statistici, raccomandati in base alla tipologia dei dati disponibili, ed agli obiettivi dello studio (Motulsky, 1995, cap. 37). Come si può notare, nel caso di presenza di dati che descrivono misurazioni di tipo non-gaussiano, ranghi o punteggi, Motulsky (1995, cap. 37) raccomanda l'utilizzo di un'analisi di regressione non-parametrica, nel caso in cui l'obiettivo dello studio sia quello di predire il valore di un'altra variabile misurata, oppure l'utilizzo di

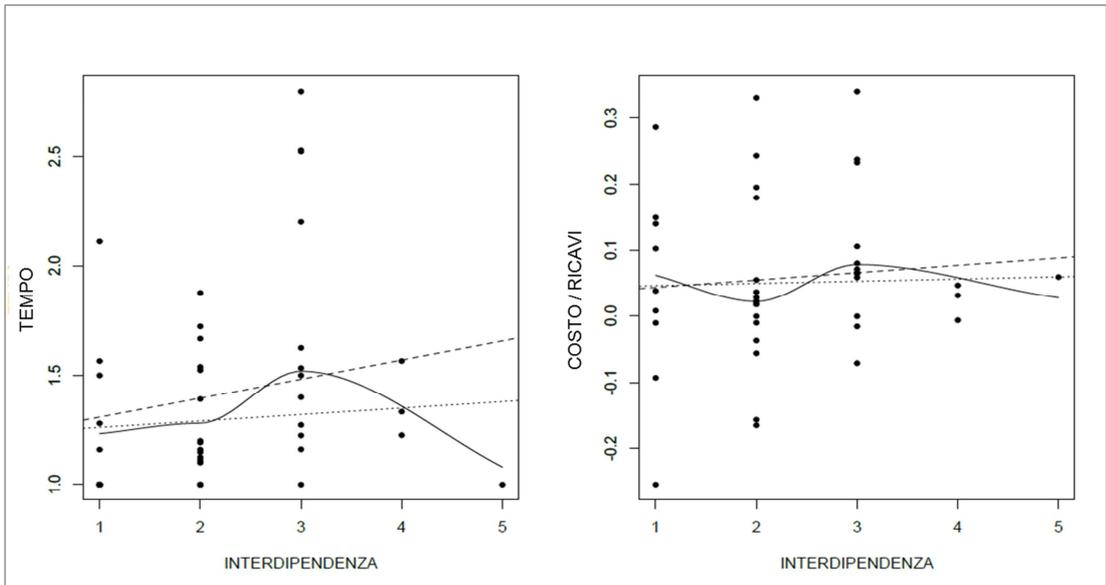
correlazioni di Spearman, nel caso in cui l'obiettivo della ricerca sia quello di quantificare associazioni fra coppie di variabili.

In primo luogo, per ognuna delle coppie *dimensione complessità–prestazione*, sono stati costruiti i diagrammi di dispersione, al fine di avere una valutazione del grado di correlazione tra le coppie di variabili. In questi diagrammi (figure 5.7-5.10), con il tratto continuo è raffigurata la curva di regressione non parametrica, mentre con il tratto a piccoli punti è rappresentata la retta dei minimi quadrati, di cui è riportata anche la versione robusta con il segno tratteggiato. Per le coppie incertezza-tempo, ed incertezza-costi/ricavi, la regressione non parametrica non è stata raffigurata, in quanto ritenuta non significativa. Per maggiori dettagli sulla regressione non parametrica e robusta, con enfasi sugli aspetti applicativi, si rimanda al testo di Maindonald e Braun (2010).

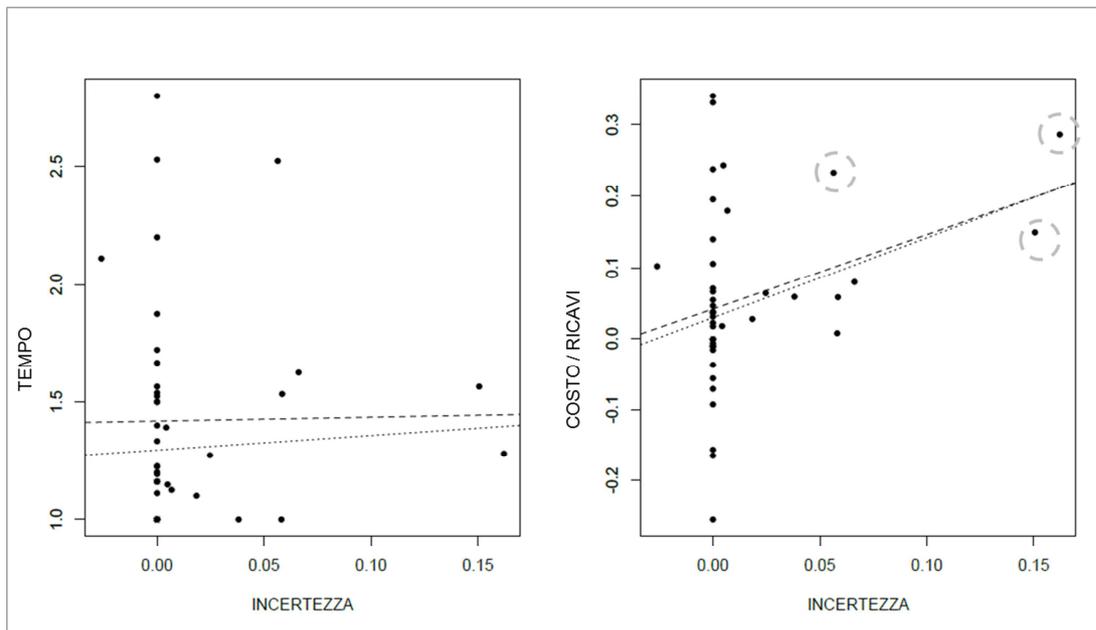
Da una prima analisi dei grafici di dispersione, si nota che, in generale, non sono evidenti particolari relazioni funzionali tra le dimensioni della complessità e la prestazione tempo. In questi grafici, i punti appaiono piuttosto dispersi e non ci sono particolari trend riconoscibili. Diversamente, nei confronti tra le dimensioni della complessità e la prestazione costi/ricavi, le relazioni appaiono più evidenti. In particolare, diversità e incertezza mostrano la presenza di una correlazione positiva con il rapporto costi/ricavi, mentre la dinamicità mostra una correlazione negativa. La correlazione tra diversità-costi/ricavi appare più solida di quelle tra incertezza-costi/ricavi e dinamicità-costi/ricavi, dato che per queste ultime due coppie, la retta dei minimi quadrati mostra un trend che appare condizionato da poche osservazioni (si vedano in figura 5.9 e 5.10 i punti cerchiati con una linea tratteggiata). Tuttavia, va ricordato che questo tipo di pattern può non essere infrequente nel caso di un campione di ridotte dimensioni come quello oggetto di studio. L'interdipendenza non sembra invece presentare una particolare correlazione con il costi/ricavi, esattamente come era avvenuto tra interdipendenza e tempo.



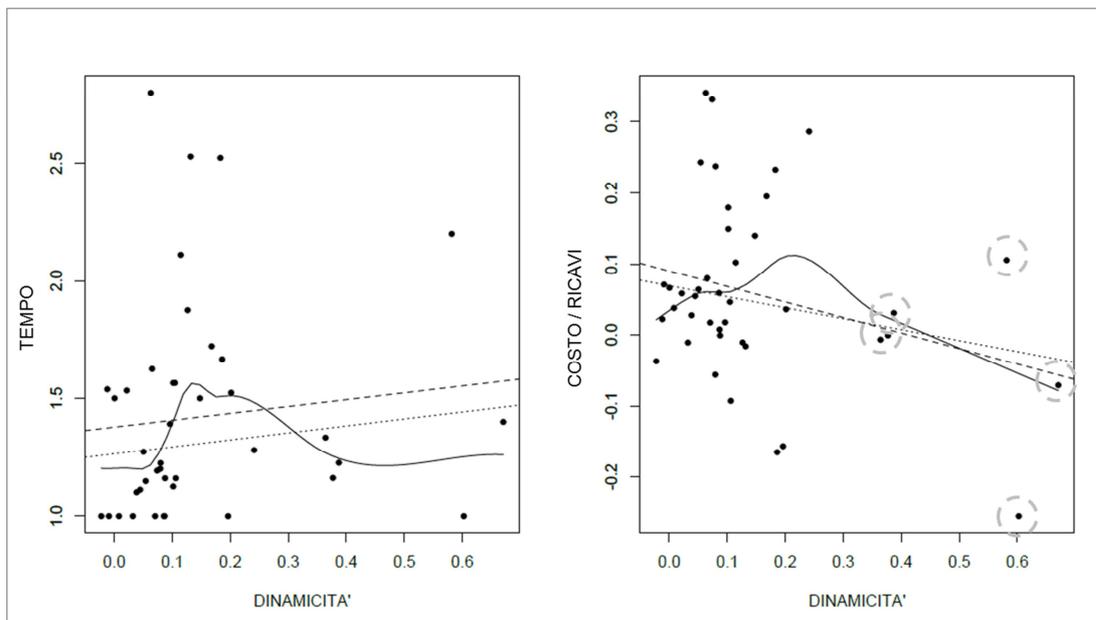
**Figura 5.7** Grafico di dispersione della diversità in relazione alle prestazioni tempo e costi/ricavi



**Figura 5.8** Grafico di dispersione interdipendenza in relazione alle prestazioni tempo e costi/ricavi



**Figura 5.9** Grafico di dispersione incertezza in relazione alle prestazioni tempo e costi/ricavi



**Figura 5.10** Grafico di dispersione dinamicità in relazione alle prestazioni tempo e costi/ricavi

In secondo luogo, per ognuna delle coppie *dimensione della complessità-prestazione* è stata valutata la correlazione per ranghi di Spearman. Come riportato da Motulsky (1995, cap. 37) la correlazione per ranghi di Spearman è appropriata vista la natura delle variabili, che, come abbiamo già constatato all'inizio di questo capitolo, presentano nella maggior parte dei casi distribuzione campionaria non-normale. Questa misura statistica, non parametrica, consente di valutare eventuali relazioni, anche non lineari, indipendentemente dalla loro scala. La Tabella 5.4 mostra in maniera sintetica tutti i coefficienti di correlazione di Spearman ottenuti nei singoli confronti a coppie. Da notare che solo nel confronto incertezza-costi/ricavi il coefficiente di correlazione di Spearman ha ottenuto p-value < 0,05. In altri due casi, ossia nel confronto tra interdipendenza-tempo, e dinamicità-tempo, la correlazione di Spearman ha restituito p-value < 0,1, e quindi minore significatività statistica. In tutti gli altri confronti, la correlazione di Spearman ha prodotto risultati statisticamente non significativi.

|                 | Tempo                | Costi / Ricavi        |
|-----------------|----------------------|-----------------------|
| Diversità       | 0,10                 | 0,14                  |
| Interdipendenza | 0,27 [p-value < 0,1] | 0,12                  |
| Incertezza      | -0,042               | 0,33 [p-value < 0,05] |
| Dinamicità      | 0,31 [p-value < 0,1] | -0,19                 |

**Tabella 5.4 Coefficienti di correlazione di Spearman e significatività statistica**

Infine, è stata condotta un'analisi multivariata per valutare l'impatto complessivo della complessità sulle prestazioni di progetto. I modelli presi in considerazione per questo tipo di analisi sono stati un modello di regressione multipla lineare, e un modello di regressione multipla robusta. È stato eseguito un test diagnostico sul modello di regressione lineare, per capire se potesse essere adatto all'analisi. Il modello di regressione lineare ha passato gli usuali controlli diagnostici<sup>2</sup>, quindi è stato utilizzato per valutare l'impatto complessivo della diversità,

<sup>2</sup> Assunzioni di linearità della dipendenza dai predittori, normalità (approssimata) dei residui, varianza costante e assenza di eventuali outliers (Mairaud e Braun, 2010)

dell'interdipendenza, dell'incertezza e della dinamicità, rispettivamente sulla prestazione tempo, e sulla prestazione costi/ricavi.

Di seguito si riportano gli esiti dell'analisi di regressione multipla lineare:

```
Call:
lm(formula = TEMPO ~ DIVERSITA + INTERDIPENDENZA + INCERTEZZA + DINAMICITA,
data = dati)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.6083 -0.2798 -0.1720  0.1863  1.3803

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   1.15657    0.22163   5.219 7.69e-06 ***
DIVERSITA     0.52216    1.62819   0.321  0.750
INTERDIPENDENZA 0.08192    0.07752   1.057  0.298
INCERTEZZA    0.62142    2.00777   0.310  0.759
DINAMICITA    0.19725    0.46210   0.427  0.672
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.4692 on 36 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.04587,    Adjusted R-squared:  -0.06014
F-statistic: 0.4327 on 4 and 36 DF,  p-value: 0.784
```

**Figura 5.11 Esiti regressione lineare multipla (dimensioni complessità-tempo)**

```
Call:
lm(formula = COSTO ~ DIVERSITA + INTERDIPENDENZA + INCERTEZZA +
DINAMICITA, data = dati)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.19000 -0.05543 -0.02008  0.04852  0.33324

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  -0.03832    0.05153  -0.744  0.46194
DIVERSITA     1.06028    0.37856   2.801  0.00815 **
INTERDIPENDENZA 0.01784    0.01802   0.990  0.32877
INCERTEZZA    1.26543    0.46681   2.711  0.01022 *
DINAMICITA   -0.27934    0.10744  -2.600  0.01344 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1091 on 36 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.3398,    Adjusted R-squared:  0.2664
F-statistic: 4.632 on 4 and 36 DF,  p-value: 0.004042
```

**Figura 5.12 Esiti regressione lineare multipla (dimensioni complessità-costi/ricavi)**

Come si può notare, in contrapposizione a quanto osservato per la prestazione costi/ricavi, la prestazione tempo ha un basso contenuto informativo, in quanto non è presente significatività statistica per nessuna delle relazioni. Per quanto riguarda

invece la prestazione costi/ricavi, vengono confermate le relazioni evinte dall'analisi dei grafici di dispersione, ossia presenza di una correlazione positiva della diversità e dell'incertezza con il rapporto costi/ricavi (p-value rispettivamente  $< 0,01$ , e  $< 0,05$ ), e correlazione negativa della dinamicità con il rapporto costi/ricavi (p-value  $< 0,05$ ). L'impatto dell'interdipendenza non sembra essere statisticamente significativo.

L'utilizzo di una regressione robusta può essere raccomandabile nel caso di un campione di variabili per studi di natura osservazionale, che, come nel nostro caso, presenta l'ulteriore limitazione di una non elevata numerosità del campione. La regressione robusta difatti rappresenta un compromesso tra il considerare gli outliers, nel caso fossero presenti nel campione, od ometterli del tutto. Non omettendoli, essa riduce invece la loro influenza sulla retta di regressione (Maindonald e Brown, 2010). Nello specifico caso di studio, tramite il modello di regressione robusta, si giunge a risultati molto simili, che portano alle medesime conclusioni, di quelli ottenuti con la regressione lineare multipla: nessuna significatività per le relazioni con la prestazione tempo, significatività statistica per le relazioni diversità-costi/ricavi (p-value  $< 0,001$ ), incertezza-costi/ricavi (p-value  $< 0,01$ ) e dinamicità-costi/ricavi (p-value  $0,05$ ). Ancora una volta, appaiono confermate la presenza di una relazione positiva per diversità-costi/ricavi ed incertezza-costi/ricavi, e la presenza di una relazione negativa tra dinamicità-costi/ricavi.

```
Call:
lmrob(formula = TEMPO ~ DIVERSITA + INTERDIPENDENZA + INCERTEZZA +
DINAMICITA,
      data = dati)
  \--> method = "MM"
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.31987 -0.19574 -0.04659  0.29692  1.60670

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    1.05971    0.21673   4.890  2.1e-05 ***
DIVERSITA      1.39644    1.83305   0.762   0.451
INTERDIPENDENZA 0.03480    0.05997   0.580   0.565
INCERTEZZA    1.48625    1.41062   1.054   0.299
DINAMICITA    0.25240    0.37110   0.680   0.501
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

**Figura 5.13** Esiti regressione multipla robusta (dimensioni complessità-tempo)

```

Call:
lmrob(formula = COSTO ~ DIVERSITA + INTERDIPENDENZA + INCERTEZZA +
DINAMICITA,
      data = dati)
\--> method = "MM"
Residuals:
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.176702 -0.054935  0.000204  0.059153  0.378019

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  -0.07171    0.05326  -1.347  0.186552
DIVERSITA     1.39253    0.33629   4.141  0.000199 ***
INTERDIPENDENZA 0.01227    0.01444   0.850  0.400984
INCERTEZZA    1.46820    0.42409   3.462  0.001400 **
DINAMICITA   -0.24502    0.09126  -2.685  0.010899 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Robust residual standard error: 0.08
Multiple R-squared:  0.4815,    Adjusted R-squared:  0.4239
Convergence in 14 IRWLS iterations

```

**Figura 5.14** Esiti regressione multipla robusta (dimensioni complessità-costi/ricavi)

## 6 DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Nella tabella di seguito sono riportati in maniera sintetica gli esiti delle analisi statistiche mostrate al capitolo precedente. La relazione positiva tra le coppie di variabili *dimensione complessità-prestazione* è rappresentata dalla freccia con l'estremità rivolta verso l'alto. Una relazione positiva tra le variabili indica che all'aumentare della specifica dimensione della complessità, si ottiene anche un aumento del valore della prestazione di progetto. Ricordando che:

- per la prestazione tempo, valori maggiori di 1 indicano che è stato impiegato più tempo per realizzare il progetto rispetto a quanto pianificato all'inizio
- per la prestazione costi/ricavi, valori maggiori di 0 indicano che i costi a fine progetto, calcolati come proporzione rispetto ai ricavi, sono maggiori di quanto previsto ad inizio commessa

Se ne deduce che, in una relazione positiva, all'aumentare della complessità aumenta anche il valore della prestazione, il che corrisponde ad un deterioramento della prestazione.

Viceversa, una relazione negativa tra le coppie di variabili, rappresentata dalla freccia con l'estremità rivolta verso il basso, indica un miglioramento della prestazione. La relazione negativa mostra che all'aumentare della specifica dimensione della complessità corrisponde una diminuzione del valore misurato della prestazione, e quindi:

- per la prestazione tempo, significa che è stato impiegato un minor numero di mesi rispetto a quelli pianificati ad inizio commessa
- il rapporto costi/ricavi sostenuti è inferiore rispetto al rapporto costi/ricavi pianificati ad inizio commessa.

La freccia tratteggiata indica presenza di bassa significatività statistica per il test effettuato ( $p\text{-value} < 0,1$ ), mentre un tratto spesso della freccia indica la presenza di buona significatività statistica del test ( $p\text{-value} < 0,05$  oppure  $p\text{-value} < 0,01$ ).

| DIVERSITÀ | INTERDIPENDENZA   | INCERTEZZA  | DINAMICITÀ  |                |
|-----------|---|---|---|----------------|
| —         |  | —   |  | TEMPO          |
| —         | —   |  | —   | COSTO / RICAVI |

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
|  | Relazione positiva<br>(peggiore prestazione)           |  | Relazione negativa<br>(migliore prestazione)         |
|  | Relazione debole<br>(bassa significatività statistica) |  | Relazione forte<br>(alta significatività statistica) |

**Figura 6.1 Visualizzazione grafica degli esiti dell'analisi per ranghi di Spearman**

| DIVERSITÀ  | INTERDIPENDENZA | INCERTEZZA   | DINAMICITÀ  |                   |
|--|-----------------|--|---|-------------------|
| —  | —               | —  | —   | TEMPO             |
|   | —               |   |  | COSTO /<br>RICAVI |
|  Relazione positiva<br>(peggioramento prestazione)      |                 |  Relazione negativa<br>(miglioramento prestazione)    |   |                   |
|  Relazione debole<br>(bassa significatività statistica) |                 |  Relazione forte<br>(alta significatività statistica) |   |                   |

**Figura 6.2 Visualizzazione grafica degli esiti dell'analisi di regressione multipla**

Si risponde di seguito alle ipotesi di ricerca.

H1: «La complessità di progetto impatta la prestazione costo»

H1.1 «L'impatto della complessità di progetto peggiora la prestazione costo»

Dalle analisi statistiche condotte si evince che le relazioni della complessità diversità, incertezza e dinamicità hanno un impatto sulla prestazione legata al rapporto costi/ricavi.

La letteratura mostra come di solito la complessità di progetto sia associata a basse prestazioni di costo. Questo si ritrova ad esempio nello studio di Tatikonda e Rosenthal (2000), basato su un campione di 120 progetti di sviluppo nuovi prodotti che illustra come la complessità di progetto, in termini di interdipendenza tecnologica, novità degli obiettivi e difficoltà progettuale, sia fortemente associata a basse prestazioni di costo unitario. Per quanto riguarda gli esiti delle analisi statistiche per le dimensioni diversità e incertezza, dall'analisi multivariata si evince che la loro relazione con il rapporto costi/ricavi è positiva, ossia all'aumentare di queste dimensioni della complessità, c'è un aumento della prestazione costi/ricavi, e quindi un deterioramento della prestazione.

La relazione tra incertezza e costi/ricavi si ottiene sia dal test di Spearman, che dalle regressioni multiple, ed in entrambi i casi con buona significatività statistica ( $p\text{-value} < 0,05$ ). Anche questo risultato è in linea con la letteratura: Bosch-Rekvelde, et al. (2011) sottolineano che *“Increased uncertainties would contribute to the project complexity and hence increase the chance on budget and schedule overruns”*.

A differenza delle precedenti, l'unica dimensione della complessità che ha una relazione negativa con il rapporto costi/ricavi, e quindi legata ad un miglioramento della performance, è la dimensione della dinamicità del progetto. Da questa relazione si evince che a progetti caratterizzati da un'alta dinamicità, ossia quei progetti caratterizzati da numerose richieste di modifiche, cambiamenti e variazioni in corso d'opera da parte del cliente, corrispondano miglioramenti del rapporto tra costi/ricavi rispetto a quelli inizialmente pianificati.

Pensando al caso studio oggetto della ricerca, si ricorda che in fase di esecuzione del progetto, il gruppo non è più nella condizione iniziale di competizione con altri concorrenti. Ulteriori richieste del cliente possono essere gestite con una forza contrattuale maggiore, che può risultare nell'ottenimento di un rapporto costo/prezzo migliore rispetto a quello del contratto originario. Inoltre, se ne deriva una certa abilità del gruppo nello sfruttare economie di scala e di esperienza derivanti dalla gestione dell'intera commessa, e la presenza di una struttura flessibile e reattiva atta a recepire nuove richieste e modifiche in corso d'opera.

H2: «La complessità di progetto impatta la prestazione tempo»

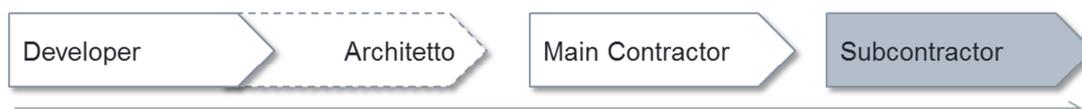
H2.1 «L'impatto della complessità di progetto peggiora la prestazione tempo»

In generale, la prestazione tempo sembra avere un contenuto informativo inferiore rispetto alla prestazione che descrive il rapporto costi/ricavi. Ci sono due esiti del test di Spearman che mostrano una relazione positiva, e quindi un deterioramento della prestazione tempo, per le dimensioni dell'interdipendenza e dinamicità, tuttavia la significatività statistica di questi test è piuttosto bassa ( $p\text{-value} < 0.1$ ). Di fatto, le dimensioni della complessità non sembrano avere impatti rilevanti sulla prestazione tempo.

Il basso contenuto informativo della prestazione può essere spiegato considerando i dati a disposizione per la misurazione dell'indicatore: si ricorda infatti che l'indicatore

misura il rapporto tra il tempo effettivamente impiegato per realizzare il progetto, ed il tempo stimato ad inizio della commessa. Considerato che la maggior parte dei progetti ha subito richieste di varianti durante il corso d'opera, se ne deriva che il progetto iniziale può differire molto, in termini di ampiezza del lavoro e scope o wrok, da quello originale. Di fatto, anche la pianificazione temporale dei progetti può differire molto, tenendo conto di tutto il tempo necessario per realizzare anche le varianti. Quindi l'indicatore coglie una misura, che però considera una pianificazione temporale stimata sul progetto originale, mentre il progetto effettivo di fatto include anche il tempo effettivamente impiegato per realizzare tutte le varianti.

Inoltre, secondariamente, una spiegazione potrebbe essere cercata anche fuori dal perimetro della gestione della commessa. Guardando l'ambiente esterno ed il network delle relazioni di progetto, si ricorda che il gruppo oggetto di studia opera tipicamente in qualità di subfornitore, quindi a valle di una filiera in cui a monte troviamo il developer dell'edificio, e il main contractor. Il developer è solitamente rappresentato o da società di real estate, che costruisce edifici con intento speculativo per poi rivendere o affittare le proprietà, oppure da una società interessata ad investimenti immobiliari per scopi privati, come ad esempio il rinnovamento del proprio quartier generale. Il developer affida ad uno studio di architettura il progetto, che sarà realizzato dal costruttore dell'edificio in qualità di main contractor. La realizzazione di singole parti dell'edificio vengono poi affidate ai vari subfornitori specializzati, come ad esempio per il gruppo oggetto di studio. Se ne deriva che un ritardo dovuto a uno di questi attori, ad esempio la decisione del developer di sospendere per un periodo di tempo l'investimento, o condizioni avverse del sito che rallentano lo sviluppo del grattacielo da parte del main contractor, ha per il subfornitore un impatto sull'evoluzione temporale del progetto.



## 7 CONCLUSIONI

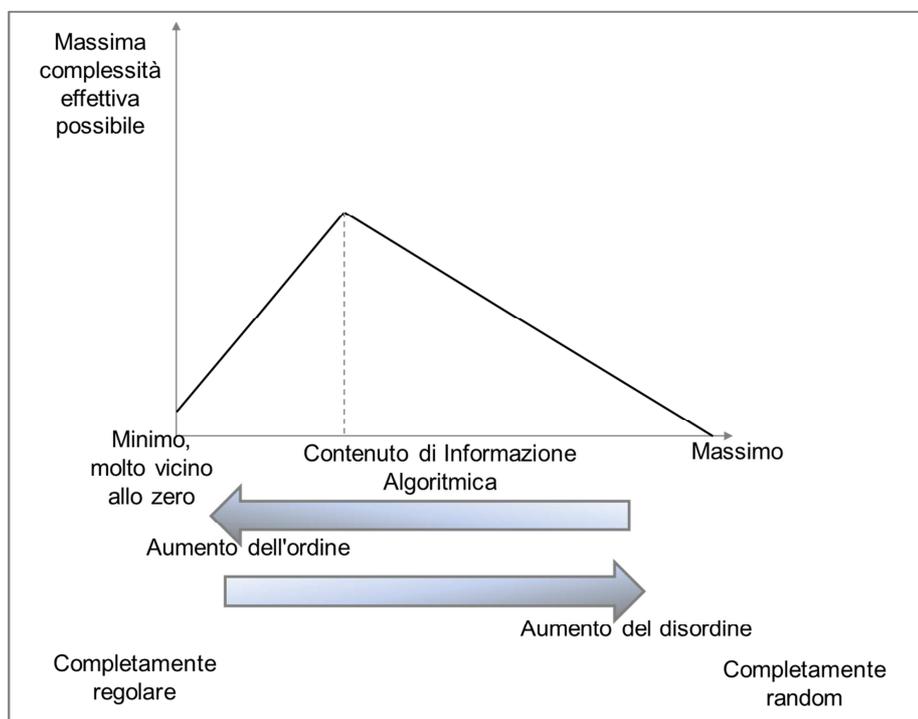
### 7.1 LETTURA DEI RISULTATI ATTRAVERSO LE LENTI DELLA TEORIA DELLA COMPLESSITÀ

I risultati ottenuti sono stati commentati utilizzando come chiave di lettura la teoria della complessità. In questo modo, ci si è ricondotti al secondo filone di letteratura presentato all'inizio di questa tesi, ossia alla "teoria della complessità applicata al project management", che si occupa di leggere gli aspetti e le pratiche del project management attraverso le lenti della teoria della complessità. In particolare, saranno qui commentati i risultati delle relazioni tra le dimensioni della complessità e la prestazione che descrive il rapporto costi/ricavi, attraverso alcuni principi del fisico Murray Gell-Mann, premio Nobel nel 1969 per i suoi studi sulle particelle elementari, e noto teorico della complessità.

Gell-Mann, uno dei grande esponenti del Santa-Fe Institute, pubblica nel 1994 il libro "The Quark and the Jaguar, Adventures in the Simple and the complex", testo di divulgazione scientifica per il grande pubblico, dove molti concetti della fisica e della teoria della complessità sono spiegati ed illustrati mediante esempi e aneddoti di facile comprensione. Proprio uno di questi concetti ha ispirato un approfondimento applicabile a questa ricerca, al fine di commentare le relazione evinte tra le dimensioni della complessità, e la prestazione legata al rapporto costi/ricavi, illustrate al capitolo precedente.

Nel suo libro, Gell-Mann introduce il concetto di "complessità effettiva" (effective complexity): *"We define the effective complexity of a system, relative to a complex adaptive system that is observing it, as the length of of the schema used to describe its regularities. We can use the term "internal effective complexity" when the schema somehow governs the system under discussion (as grammar stored in the brain regulates speech), rather than merely being used by an external observer, such as the author of a grammatical text"* (Gell-Mann, 1994, p. 56). In riferimento ad un sistema adattivo complesso, egli esprime la complessità effettiva come la lunghezza dello schema in grado descrivere le regolarità di del sistema. Nel caso in cui lo schema sia in grado di governare il sistema, allora egli parla di "complessità effettiva interna". Per aiutare il lettore, Gell-Mann usa come esempio la creazione di un discorso: in questo caso, secondo l'autore, le regole grammaticali rappresentano

lo schema che governa il discorso. Se ad esempio alcune scimmie battessero a macchina un testo, si avrebbe una composizione del tutto casuale di caratteri: un sistema adattivo complesso non sarebbe in grado di trovare una schema, in quanto non essendoci regolarità, l'unico schema avrebbe lunghezza zero. In questo caso, il sistema adattivo complesso assegnerebbe 0 alla complessità effettiva, mentre il contenuto algoritmico informativo di una stringa di bit completamente casuale sarebbe invece massimo per la sua lunghezza (Gell-Mann, 1994, pp. 58-59). All'opposto, se si prendesse un messaggio composto da una stringa di bit, tutti pari a 1, la lunghezza dello schema che descrive le regolarità sarebbe molto prossima allo 0, in quanto il messaggio "tutti 1" è molto breve (Gell-Mann, 1994, p. 59). In definitiva, per ottenere una complessità effettiva adeguata, il contenuto algoritmico informativo non dovrebbe essere né troppo basso, né troppo alto, oltrosia, il sistema non dovrebbe essere né troppo ordinato, né troppo disordinato (Gell-Mann, 1994, p. 59). In figura è riportato lo schema della complessità effettiva descritto da Gell-Mann.



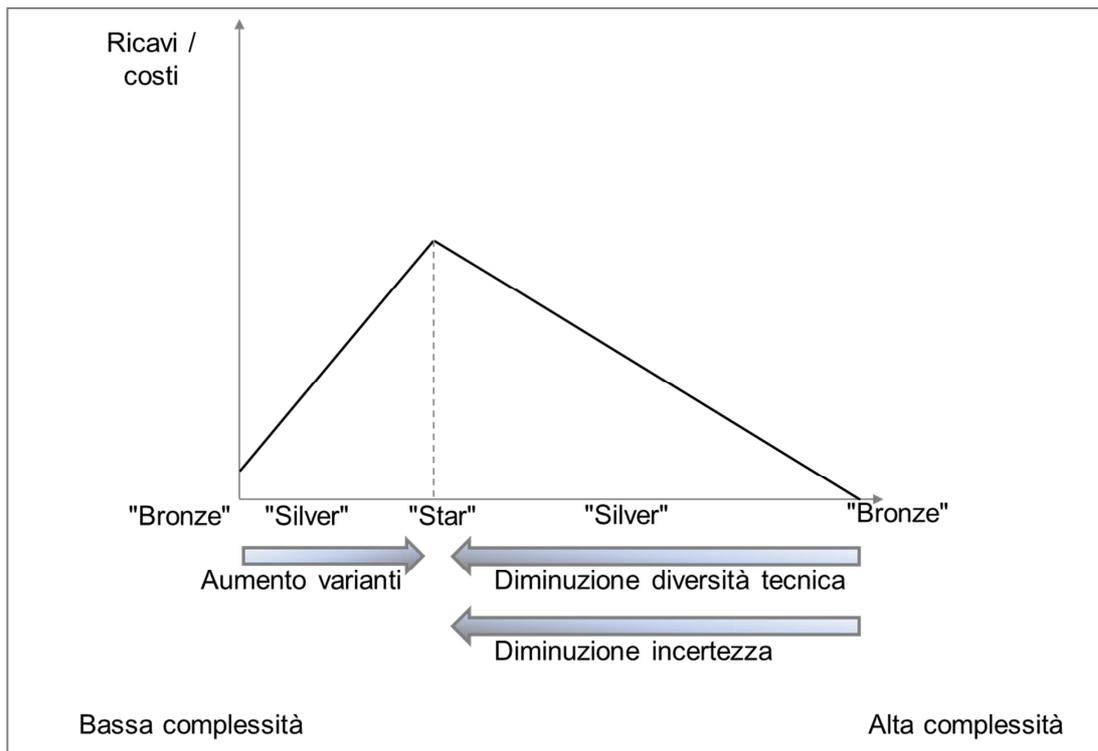
**Figura 7.1 Schema della complessità effettiva (Fonte: Gell-Mann, 1994, p.59)**

Prendendo spunto dalla teoria sulla complessità effettiva, i risultati di questa ricerca che spiegano le relazioni tra le dimensioni della complessità e la prestazione costi/ricavi, sono stati rilette attraverso lo schema di Gell-Mann.

In riferimento al caso oggetto di studio, dai risultati dell'analisi statistica abbiamo visto che all'aumentare delle dimensioni della complessità legate alla diversità tecnica ed all'incertezza, c'è un deterioramento della prestazione costi/ricavi. Invece, all'aumentare della dinamicità, che fornisce una misura di quanto il progetto sia cambiato rispetto al piano originale, in termini di presenza di varianti al progetto, la prestazione costi/ricavi migliora. Questi risultati sono stati riportati in un grafico ispirato alla complessità effettiva di Gell-Mann. In ascissa, si va dalla condizione di bassa complessità, in cui tutte le dimensioni della complessità hanno valori bassi, all'estremo opposto, dove la complessità è massima, e quindi le dimensioni della complessità presentano valori elevati; in ordinata è riportato il rapporto ricavi/costi.

Si vede che il mix ottimale è rappresentato dai progetti "gold", ossia quei progetti che sono caratterizzati da una bassa diversità tecnica e da una bassa incertezza, ovvero progetti per i quali non sono presenti varianti o claim ancora in negoziazione od approvazione da parte del cliente, e con alta dinamicità, quindi con presenza di molte varianti, per i quali è stato possibile ottenere aumenti o variazioni di scope of work durante il ciclo di vita di progetto. Va notato che nei progetti "gold", i valori di bassa diversità tecnica non descrivono solo la presenza di una certa regolarità o dimensione standard del progetto, dovute alle caratteristiche originali del design; essi rappresentano anche quei progetti per i quali la capacità e gli sforzi tecnici dell'azienda sono stati tali da ridurre la complessità tecnica durante le fasi di ingegnerizzazione del progetto.

Se invece ci posizionassimo ai due estremi, nel caso di progetti "bronze", non si avrebbero condizioni di rapporto ricavi/costi ottimali. Da un lato, seppur diminuendo la diversità tecnica, l'incertezza e l'interdipendenza, la dinamicità sarebbe nulla o ridotta al minimo, perdendo quindi quella dimensione della complessità riguardo alla quale l'azienda è in grado di migliorare i ricavi incrementali, rispetto ai costi incrementali. Dall'altro lato, tutte le dimensioni della complessità sarebbero massime, e l'effetto positivo dell'aumento della dinamicità sarebbe contrastato dalla presenza di alta diversità ed incertezza, in grado di portare ad un deterioramento del rapporto ricavi/costi. I progetti "silver" si collocano nel mezzo di questi due estremi.



**Figura 7.2** Lettura dei risultati ottenuti attraverso lo schema della complessità effettiva di Gell-Mann

## 7.2 CONTRIBUTO DELLA RICERCA

La ricerca si posiziona nel recente filone di studi delle teorie del project management, con l'obiettivo di approfondire ed investigare la complessità dei progetti, le caratteristiche delle dimensioni della complessità, e il loro impatto sulle prestazioni di progetto.

Questo studio contribuisce alla ricerca a partire dalla revisione critica della letteratura della complessità di progetto, dove si propone una definizione originale delle dimensioni della complessità di progetto, con caratteristiche e descrizioni operative, andando a colmare il gap legato all'attuale scarsa chiarezza esistente in letteratura nella definizione della complessità di progetto. La ricerca propone inoltre un set originale di indicatori della complessità applicabili al settore delle costruzioni, colmando quindi il gap esistente anche nella letteratura di settore. La proposta di definizione della complessità di progetto e il set di indicatori proposti hanno anche risvolti pratici, in quanto possono essere usati dai practitioners per valutare la

complessità dei progetti nel settore delle costruzioni, al fine di gestire meglio la complessità dei progetti.

Dagli esiti della ricerca empirica condotta in una specifica realtà nel settore delle costruzioni, si evince che la complessità di progetto, valutata in termini di diversità tecnica ed incertezza, ha un impatto peggiorativo sulla prestazione di costo, calcolato come percentuale sui ricavi. Al contrario, la dimensione della complessità legata alla dinamicità impatta la performance costo, sempre misurato in proporzione ai ricavi in termini migliorativi.

Questi risultati sono stati letti attraverso le lenti della teoria della complessità, attraverso una delle teorie del noto fisico Murray Gell-Mann. Così facendo, i risultati empirici hanno trovato giustificazione in alcuni dei principi della teoria della complessità, in linea con il filone di ricerca in letteratura che si occupa di leggere gli aspetti e le pratiche del project management attraverso le lenti della teoria della complessità.

La presente ricerca mostra uno studio effettuato su un campione di numerosità limitata, che tuttavia ha condotto a dei risultati statisticamente significativi. Tuttavia, una possibile direzione di ricerca futura potrebbe riguardare l'analisi su campioni più ampi, con riferimento anche ad altri ambiti industriali e valutare l'impatto della complessità anche su altre prestazioni di progetto.



## BIBLIOGRAFIA

- Alliance, Agile. Agile manifesto. Available from <http://www.agilemanifesto.org> (2001).
- Ahern, T., Leavy, B. & Byrne, P.J., 2013. Complex project management as complex problem solving: A distributed knowledge management perspective. *International Journal of Project Management*, 32(8), pp.1371–1381.
- Alderman, N. et al., 2013. *Managing Complex Projects – Networks, Knowledge and Integration*, Rutledge.
- Anderson, P., 1999. Complexity Theory and Organization Science. *Organization Science*, 10(3), pp.216–232.
- Anon, 1995. *Intuitive biostatistics*, NY: Oxford University Press Inc.
- Antoniadis, D.N., Edum-Fotwe, F.T. & Thorpe, A., 2011. Socio-organo complexity and project performance. *International Journal of Project Management*, 29(7), pp.808–816.
- Aritua, B., Smith, N. & Bower, D., 2009. Construction client multi-projects – A complex adaptive systems perspective. *International Journal of Project Management*, 27(1), pp.72–79.
- Atkinson, R., 1999. Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, it's time to accept other success criteria. *International Journal of Project Management*, 17(6), pp.337–342.
- Augustine, S., 2005. *Managing agile projects*, Prentice Hall PTR.
- Baccarini, D., 1996. The concept of project complexity—a review. *International Journal of Project Management*, 14(4), pp.201–204.
- Benbya, H. & McKelvey, B., 2006. Toward a complexity theory of information systems development. *Information Technology & People*, 19(1), pp.12–34.
- Bosch-Rekvelde, M. et al., 2011. Grasping project complexity in large engineering projects: The TOE (Technical, Organizational and Environmental) framework. *International Journal of Project Management*, 29(6), pp.728–739.
- Braun, W.J. & Maindonald, J., 2010. *Data Analysis and Graphics Using R: An Example-Based Approach*, Cambridge University Press.
- Bryde, D.J., 2005. Methods for Managing Different Perspectives of Project Success. *British Journal of Management*, 16(2), pp.119–131.

- Buganza, T., 2014. "Planning e controlling. Metodi e strumenti per la pianificazione e il controllo di progetto" in Bartezzaghi, E. *L'organizzazione dell'impresa: Processi, progetti, conoscenza, persone*, Etas, pp.352-410.
- Camci, A. & Kotnour, T., 2006. Technology Complexity in Projects: Does Classical Project Management Work? In *Technology Management for the Global Future, 2006. PICMET 2006*. IEEE, pp. 2181–2186.
- Cao, Q. & Hoffman, J.J., 2011. A case study approach for developing a project performance evaluation system. *International Journal of Project Management*, 29(2), pp.155–164.
- Cha, H.S. & Kim, C.K., 2011. Quantitative approach for project performance measurement on building construction in South Korea. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 15(8), pp.1319–1328.
- Chan, A.P.C. & Chan, A.P.L., 2004. Key performance indicators for measuring construction success. *Benchmarking: An International Journal*, 11(2), pp.203–221.
- Chan, A.P.C., Scott, D. & Chan, A.P.L., 2004. Factors Affecting the Success of a Construction Project. *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, (February), pp.153–155.
- Cheung, S., Suen, H.C.H. & Cheung, K.K.W., 2003. An automated partnering monitoring system—Partnering Temperature Index. *Automation in Construction*, 12(3), pp.331–345.
- Christopher, M., 2000. The Agile Supply Chain: Competing in Volatile Markets. *Industrial Marketing Management*, 29(1), pp.37–44.
- Cicmil, S. et al., 2009. *Exploring the Complexity of Projects: Implications of Complexity Theory for Project Management Practice* PMI, ed., Newton Square, PA.
- Cicmil, S. & Marshall, D., 2005. Insights into collaboration at the project level: complexity, social interaction and procurement mechanisms. *Building Research & Information*, 33(6), pp.523–535.
- Cooke-Davies, T. et al., 2007. We're not in Kansas anymore, Toto: mapping the strange landscape of complexity theory, and its relationship to project management. *Project Management Journal*, 38(2), pp.50–61.
- Cox, R.F., Issa, R.R.A. & Ahrens, D., 2003. Management's Perception of Key Performance Indicators for Construction. *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, (April), pp.142–151.
- Conforto, E.C. & Amaral, D.C., 2010. Evaluating an Agile Method for Planning and Controlling Innovative Projects. *Project Management Journal*, 41(2), pp.73–80.

- Croom, S., 2009, "Introduction to Research Methodology in Operations Management", in Karlsson, C. ed., *Researching Operations Management*, Routledge, p. 66.
- Curlee, W. & Gordon, R.L., 2010. *Complexity theory and project management*, John Wiley & Sons.
- Dagnino, G.B., 2004. Complex systems as key drivers for the emergence of resource- and capability-based interorganizational network. *E:CO*, 6, pp.61–69.
- Daniels, C.B. & LaMarsh, W.J.I., 2007. Complexity as a cause of failure in information technology project management. In *SoSE 2007, IEEE International Conference on System of Systems Engineering*.
- Dawidson, O., Karlsson, M. & Trygg, L., 2004. Complexity Perception — Model Development and Analysis of Two Technical Platform Projects in the Mobile Phones Industry. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 03(03), pp.493–512.
- De Toni, A.F. & Comello, L., 2010. *Journey into complexity*, Lexington, KY.
- De Toni, A.F., Comello, L. & Ioan, L., 2011. *Auto-organizzazioni. Il mistero dell'emergenza dal basso nei sistemi fisici, biologici e sociali* M. Editori, ed., Venezia.
- Ebbesen, J.B. & Hope, A.J., 2013. Re-imagining the Iron Triangle: Embedding Sustainability into Project Constraints . *PM World Journal*, II(III), pp.1–13.
- Eisenhardt, K.M. & Brown, S.L., 1998. Competing on the Edge: Strategy as Structured Chaos. *Long Range Planning*, 31(5), pp.786–789.
- Elsevier, 2014. Scopus - Quick Reference Guide.
- Enberg, C., Lindkvist, L. & Tell, F., 2010. Knowledge integration at the edge of technology: On teamwork and complexity in new turbine development. *International Journal of Project Management*, 28(8), pp.756–765.
- Fernandez, D.J. & Fernandez, J.D., 2008. Agile Project Management--Agilism Versus Traditional Approaches. *Journal of Computer Information Systems*, 49(2), pp.10–17.
- Froese, T.M., 2010. The impact of emerging information technology on project management for construction. *Automation in Construction*, 19(5), pp.531–538.
- Fuller, T. & Moran, P., 2001. Small enterprises as complex adaptive systems: a methodological question? *Entrepreneurship & Regional Development*, 13(1), pp.47–63.
- Garel, G., 2013. A history of project management models: From pre-models to the standard models. *International Journal of Project Management*, 31(5), pp.663–669.

- Gell-Mann, M., 1995. *The Quark and the Jaguar: Adventures in the Simple and the Complex*, Abacus.
- Geraldi, J., Maylor, H. & Williams, T., 2011. Now, let's make it really complex (complicated): A systematic review of the complexities of projects. *International Journal of Operations & Production Management*, 31(9), pp.966–990.
- Geraldi, J.G., 2009. What complexity assessments can tell us about projects: dialogue between conception and perception. *Technology Analysis & Strategic Management*, 21(5), pp.665–678.
- Gunasekaran, A., 1998. Agile manufacturing: Enablers and an implementation framework. *International Journal of Production Research*, 36(5), pp.1223–1247.
- Gunasekaran, A. & Yusuf, Y.Y., 2002. Agile manufacturing: A taxonomy of strategic and technological imperatives. *International Journal of Production Research*, 40(6), pp.1357–1385.
- Hall, N.G., 2012. Project management: Recent developments and research opportunities. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 21(2), pp.129–143.
- Hass, K.B., 2007. The blending of traditional and agile project management. *PM world today*, pp.1–6.
- Hass, K.B., 2009. *Managing complex projects: A new model*, Management Concepts Inc.
- Highsmith, J. 2004. *Agile project management: creating innovative products*. Pearson Education.
- Ivory, C. & Alderman, N., 2005. Can Project Management learn anything from studies of failure in Complex Systems? *Project Management Journal*, 36(3), pp.5–17.
- Jaafari, A., 2003. Project management in the age of complexity and change. *Project Management Journal*.
- Johnson, S.B., 2013. Technical and institutional factors in the emergence of project management. *International Journal of Project Management*, 31(5), pp.670–681.
- Johnsson, S., Norstrom, C. & Wall, A., 2008. PMEX – A Performance Measurement Evaluation Matrix for the Development of Complex Products and Systems. In *PICMET 2008 Proceedings, 27-31 July, Cape Town, South Africa*. IEEE, pp. 1224–1234.
- Kalchschmidt, M., 2014. “Introduzione ai progetti. Progetti e project management: elementi definitivi” in Bartezzaghi, E. *L'organizzazione dell'impresa: Processi, progetti, conoscenza, persone*, Etas, pp.291-305.

- Katayama, H. & Bennett, D., 1999. Agility , adaptability and leanness: A comparison of concepts and a study of practice. *International Journal of Production Economics*, 61, pp.43–51.
- Kettunen, P., 2009. Adopting key lessons from agile manufacturing to agile software product development - A comparative study. *Technovation*, 29(6-7), pp.408–422.
- Koppenjan, J. et al., 2010. Competing management approaches in large engineering projects: The Dutch RandstadRail project. *International Journal of Project Management*, 29(6), pp.740–750.
- Kozak-Holland, M. & Procter, C., 2014. Florence Duomo project (1420–1436): Learning best project management practice from history. *International Journal of Project Management*, 32(2), pp.242–255.
- Langston, C., 2013. Development of generic key performance indicators for PMBOK® using a 3D project integration model. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 13(4), pp.78–91.
- Lauras, M., Marques, G. & Gourc, D., 2010. Towards a multi-dimensional project Performance Measurement System. *Decision Support Systems*, 48(2), pp.342–353.
- Lebcir, M., 2006. A Framework for Project Complexity in New Product Development (NPD) Projects. *University of Hertfordshire Business School Working Paper*.
- Lenfle, S. & Loch, C.H., 2010. Lost Roots: How Project Management Came to Emphasize Control Over Flexibility and Novelty. *California Management Review*, 53(1), pp.32–55.
- Loch, C.H. & Tapper, S.U.A., 2002. Implementing a strategy-driven performance measurement system for an applied research group. *The Journal of Product Innovation Management*, 19, pp.185–198.
- Luu, V., Kim, S. & Huynh, T., 2008. Improving project management performance of large contractors using benchmarking approach. *International Journal of Project Management*, 26(7), pp.758–769.
- Mala, M. & Çil, İ., 2011. A taxonomy for measuring complexity in agent-based systems. In *Software Engineering and Service Science (ICSESS), 2011 IEEE 2nd International Conference on*. IEEE, pp. 851–854.
- Marques, G., Gourc, D. & Lauras, M., 2010. Multi-criteria performance analysis for decision making in project management. *International Journal of Project Management*, 29(8), pp.1057–1069.
- Maylor, H., Vidgen, R. & Carver, S., 2008. Managerial complexity in project-based operations: A grounded model and its implications for practice. *Project Management Journal*, 39(S1), pp.S15–S26.

- Mccarthy, I.P. et al., 2006. New Product Development as a Complex Adaptive System of Decisions. *The Journal of Product Innovation Management*, 23, pp.437–456.
- Mengoni, M., Germani, M. & Mandorli, F., 2009. A structured agile design approach to support customisation in wellness product development. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 22(1), pp.42–54.
- Navidi, W., 2006. *Probabilità e statistica per l'ingegneria e le scienze*, McGraw-Hill.
- Office of Government Commerce, 2009. *Managing successful projects with PRINCE2*, The Stationery Office.
- Olausson, D. & Berggren, C., 2010. Managing uncertain, complex product development in high-tech firms: in search of controlled flexibility. *R&D Management*, 40(4), pp.383–399.
- Owen, R. et al., 2006. Is agile project management applicable to construction? In *Proceedings IGLC-14, July 2006, Santiago, Chile*. pp. 51–66.
- Paradiso L. e Ruffa M., 2009, "Il progetto oltre la WBS", in Varanini, F. & Ginevri, W. eds., 2009. *Il project management emergente: il progetto come sistema complesso*, Milano: Guerini e associate, pp. 147-182.
- Pich, M. & Loch, C., 2002. On uncertainty, ambiguity, and complexity in project management. *Management Science*, pp.7–12.
- Project Management Institute, 2008. *Guida al project management body of knowledge (Guida al PMBOK®) - Quarta Edizione*,
- Sargut, G. & McGrath, R.G., 2011. Learning to live with complexity. *Harvard Business Review*, 89(9), pp.68–76, 136.
- Saynisch, M., 2010a. Beyond Frontiers of Traditional Project Management: An Approach to Evolutionary, Self-Organizational Principles and the Complexity Theory - Results of the Research Program. *Project Management Journal*, 41(2), pp.21–37.
- Saynisch, M., 2010b. Mastering complexity and changes in projects, economy, and society via Project Management Second Order (PM-2). *Project Management Journal*, 41(5), pp.4–20.
- Senescu, R., 2013. Relationships between project complexity and communication. *Journal of Management in Engineering*, (April), pp.183–197.
- Shenhar, A. & Dvir, D., 2007. *Reinventing Project Management: The Diamond Approach to Successful Growth and Innovation*, Boston, MA: Harvard Business School.
- Shenhar, A., Dvir, D. & Levy, O., 2001. Project success: a multidimensional strategic concept. *Long Range Planning*, 34(2001), pp.699–725.

- Shenhar, A.J., 2001. One size does not fit all projects: Exploring classical contingency domains. *Management Science*, pp.394–414.
- Singh, H. & Singh, A., 2002. Principles of Complexity and Chaos Theory in Project Execution: A New Approach to Management. *Cost Engineering*, 44(12).
- Skibniewski, M.J. & Ghosh, S., 2009. Determination of Key Performance Indicators with Enterprise Resource Planning Systems in Engineering Construction Firms. *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 10(October), pp.965–978.
- Snowden, D.J.D. & Boone, M.M.E., 2007. A leader's framework for decision making. *Harvard Business Review*, 85(11), p.68.
- Söderlund, J., 2011. Pluralism in Project Management: Navigating the Crossroads of Specialization and Fragmentation. *International Journal of Management Reviews*, 13(2), pp.153–176.
- Steger, U., Amann, W. & Maznevski, M., 2007. *Managing complexity in global organization*, John Wiley & Sons Ltd.
- Takeuchi, H. & Nonaka, I., 1984. The new new product development game. *Harvard Business Review*, Jan-Feb, pp.137–147.
- Tatikonda, M.V. & Rosenthal, S.R., 2000. Technology novelty, project complexity, and product development project execution success: a deeper look at task uncertainty in product innovation. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 47(1), pp.74–87.
- The Standish Group International, 2013. *CHAOS MANIFESTO 2013: Think Big, Act Small*.
- Thomas, J. & Mengel, T., 2008. Preparing project managers to deal with complexity – Advanced project management education. *International Journal of Project Management*, 26(3), pp.304–315.
- Tilebein, M., 2006. A complex adaptive systems approach to efficiency and innovation M. Mulej, ed. *Kybernetes*, 35(7/8), pp.1087–1099.
- Tonchia, S., 2001. *Il project management. Come gestire il cambiamento e l'innovazione*, Il Sole 24 Ore.
- Toor, S.-R. & Ogunlana, S.O., 2010. Beyond the "iron triangle": Stakeholder perception of key performance indicators (KPIs) for large-scale public sector development projects. *International Journal of Project Management*, 28(3), pp.228–236.
- Varanini, F. & Ginevri, W. eds., 2009. *Il project management emergente: il progetto come sistema complesso*, Milano: Guerini e associate, pp. 147-182.
- Varanini, F. & Ginevri, W. eds., 2012. *Projects and Complexity*, CRC Press.

- Vidal, L.-A. & Marle, F., 2008. Understanding project complexity: implications on project management. *Kybernetes*, 37(8), pp.1094–1110.
- Vidal, L.-A., Marle, F. & Bocquet, J.-C., 2011. Measuring project complexity using the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Project Management*, 29(6), pp.718–727.
- Volberda, H.W. & Lewin, A.Y., 2003. Co-evolutionary Dynamics Within and Between Firms: From Evolution to Co-evolution. *Journal of Management Studies*, 40(8), pp.2111–2136.
- Wang, J., Lin, W. & Huang, Y.-H., 2010. A performance-oriented risk management framework for innovative R&D projects. *Technovation*, 30(11-12), pp.601–611.
- Whitty, S.J. & Maylor, H., 2009. And then came complex project management (revised). *International Journal of Project Management*, 27(3), pp.304–310.
- Williams, T., 1999. The need for new paradigms for complex projects. *International Journal of Project Management*, 17(5), pp.269–273.
- Williams, T. & Samset, K., 2010. Issues in Front-End Decision Making. *Project Management Journal*, 41(2), pp.38–49.
- Winter, M. et al., 2006. Directions for future research in project management: The main findings of a UK government-funded research network. *International Journal of Project Management*, 24(8), pp.638–649.
- Wood, H.L. & Gidado, K., 2008. An overview of complexity theory and its application the construction industry. In *Dainty, A (Ed) Procs 24th Annual ARCOM Conference*. Cardiff, UK: Association of Researchers in Construction Management, pp. 677–686.
- Yeung, J.F.Y., Chan, A.P.C. & Chan, D.W.M., 2008. Establishing quantitative indicators for measuring the partnering performance of construction projects in Hong Kong. *Construction Management and Economics*, 26(3), pp.277–301.
- Yu, I. et al., 2007. Comparable performance measurement system for construction companies. *Journal of Management in Engineering*, 23(3), p.131.
- Yusuf, Y.Y., Sarhadi, M. & Gunasekaran, A., 1999. Agile manufacturing: The drivers, concepts and attributes. *International Journal of Production Economics*, 62, pp.33–43.

## APPENDICE

### Codice R per analisi statistiche

```
library("XLConnect")

library(lattice)

par(mfrow=c(1,2))
scatter.smooth(dati$DIN, dati$TEMPO, xlab="DINAMICITA'",
ylab="TEMPO", pch=16)
abline(lm(TEMPO~DIN, dati), lty=2)
abline(lmrob(TEMPO~DIN, dati), lty=3)
scatter.smooth(dati$DIN, dati$COSTO, xlab="DINAMICITA'",
ylab="COSTI/RICAVI", pch=16)
abline(lm(COSTO~DIN, dati), lty=2)
abline(lmrob(COSTO~DIN, dati), lty=3)

par(mfrow=c(1,2))
scatter.smooth(dati$INT_S, dati$TEMPO, xlab="INTERDIPENDENZA",
ylab="TEMPO", pch=16)
abline(lm(TEMPO~INT_S, dati), lty=2)
abline(lmrob(TEMPO~INT_S, dati), lty=3)
scatter.smooth(dati$INT_S, dati$COSTO, xlab="INTERDIPENDENZA",
ylab="COSTI/RICAVI", pch=16)
abline(lm(COSTO~INT_S, dati), lty=2)
abline(lmrob(COSTO~INT_S, dati), lty=3)

par(mfrow=c(1,2))
plot(dati$INC, dati$TEMPO, xlab="INCERTEZZA", ylab="TEMPO",
pch=16)
abline(lm(TEMPO~INC, dati), lty=2)
abline(lmrob(TEMPO~INC, dati), lty=3)
plot(dati$INC, dati$COSTO, xlab="INCERTEZZA",
ylab="COSTI/RICAVI", pch=16)
abline(lm(COSTO~INC, dati), lty=2)
abline(lmrob(COSTO~INC, dati), lty=3)

par(mfrow=c(1,2))
scatter.smooth(dati$DIV, dati$TEMPO, xlab="DIVERSITA'",
ylab="TEMPO", pch=16)
abline(lm(TEMPO~DIV, dati), lty=2)
abline(lmrob(TEMPO~DIV, dati), lty=3)
```

```

scatter.smooth(dati$DIV, dati$COSTO, xlab="DIVERSITA'",
ylab="COSTI/RICAVI", pch=16)
abline(lm(COSTO~DIV, dati), lty=2)
abline(lmrob(COSTO~DIV, dati), lty=3)

panel.cor <- function(x, y, digits=2, prefix="", cex.cor)
{
  usr <- par("usr"); on.exit(par(usr))
  par(usr = c(0, 1, 0, 1))
  test = (cor.test(x, y, method="spearman"))
  r <- test$estimate
  txt <- format(c(r, 0.123456789), digits=digits)[1]
  txt <- paste(prefix, txt, sep="")
  col <- if(test$p.value<0.05) 3 else
if(test$p.value<0.1) 4 else 1
  text(0.5, 0.5, txt, cex=2, col=col)
}
pairs(dati[,1:6], upper.panel = panel.smooth, diag.panel =
panel.hist, lower.panel=panel.cor)

library(robustbase)

modT <- lm(TEMPO ~ DIVERSITA + INTERDIPENDENZA + INCERTEZZA +
DINAMICITA, dati)
summary(modT)

modC<- lm(COSTO ~ DIVERSITA + INTERDIPENDENZA + INCERTEZZA +
DINAMICITA, dati)
summary(modC)

modT.rob <- lmrob (TEMPO ~ DIVERSITA + INTERDIPENDENZA +
INCERTEZZA + DINAMICITA, dati)
summary(modT.rob)

modC.rob <- lmrob (COSTO ~ DIVERSITA + INTERDIPENDENZA +
INCERTEZZA + DINAMICITA, dati)
summary(modC.rob)

```