

**ENERGY, SUSTAINABILITY AND BUILDING  
INFORMATION MODELING AND MANAGEMENT**

**ENERGIA, SOSTENIBILITA'  
E DEMATERIALIZAZIONE OPERATIVA**

**La ricerca scientifica sulla Produzione Edilizia nell'era della  
digitalizzazione e delle nuove sfide ambientali  
nel Settore delle Costruzioni**

A cura di

Giuseppe Alaimo  
Alessandro Carbonari  
Angelo Ciribini  
Bruno Daniotti  
Guido R. Dell'Osso  
Maria Antonietta Esposito

**ISBN 978-88-9160-436-1**

**© Copyright 2014 by Maggioli S.p.A.**

È vietata la riproduzione, anche parziale, con qualsiasi mezzo effettuata, anche ad uso interno e didattico, non autorizzata.

**Maggioli Editore è un marchio di Maggioli S.p.A.**

**Azienda con sistema qualità certificato ISO 9001:2000**

*47822 Santarcangelo di Romagna (RN) • Via del Carpino, 8*

*Tel. 0541/628111 • Fax 0541/622595*

[www.maggioli.it/servizioclienti](http://www.maggioli.it/servizioclienti)

e-mail: [clienti.editore@maggioli.it](mailto:clienti.editore@maggioli.it)

Diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento, totale o parziale con qualsiasi mezzo sono riservati per tutti i Paesi.

L'editore rimane a disposizione degli aventi diritto per eventuali fonti iconografiche non identificate

Il catalogo completo è disponibile su [www.maggioli.it](http://www.maggioli.it) area università

Finito di stampare nel mese di giugno 2014

da DigitalPrint Service s.r.l. – Segrate (Milano)

**ENERGY, SUSTAINABILITY AND BUILDING INFORMATION  
MODELING AND MANAGEMENT**

**ENERGIA, SOSTENIBILITA'  
E DEMATERIALIZAZIONE OPERATIVA**

**Indice**

**Introduzione**

**ORIZZONTI DI CORTO E DI LUNGO PERIODO PER IL SETTORE DELLE  
COSTRUZIONI IN ITALIA 7**

*Prof. Arch. Angelo Luigi Camillo Ciribini, presidente ISTeA*

**Capitolo Primo**

**DEMATERIALIZAZIONE OPERATIVA E B.I.M.**

- 1.1 Gestione informativa delle costruzioni, INNOVance per il processo costruttivo 15  
Construction Information Management (CIM), INNOVance for the construction  
process  
*A. Pavan, B. Daniotti, F. Re Cecconi, S. Lupica Spagnolo, S. Maltese, M. Chiozzi, D. Pasini, V. Caffi*
- 1.2 L'ottimizzazione del processo edilizio attraverso una gestione efficiente delle 34  
informazioni  
Building process optimization through an efficient data management  
*L. Bianchi, M. Chiozzi, R. D'Alessandro, B. Daniotti, A. Di Fusco, M. Galli, C. Giorno, R. Gulino, S.  
Lupica Spagnolo, D. Pasini, A. Pavan, M. Pola, P. Rigone*
- 1.3 Flusso informativo per la gestione integrata della commessa 56  
Information flow for the integrated procurement management  
*A. Gottfried, A. Pavan, M. Chiozzi, A.C. Devito, D. Pasini, G. Ferrante Carrante*
- 1.4 Il portale INNOVance: un sistema standardizzato per la gestione del processo 71  
edilizio  
INNOVance web portal: a standardised building process management system  
*A. Pavan, B. Daniotti, M. Mancini, F. Re Cecconi, L. Bramato, S. Maltese*
- 1.5 Il processo edilizio supportato dal BIMM: l'approccio InnovANCE 91  
BIMM enabled construction processes: the InnovANCE approach  
*V. Caffi, B. Daniotti, M. Lo Turco, D. Madeddu, M. Muscogiuri, P. Novello, A. Pavan, M. Pignataro*

- 1.6 Definizione di schede tecniche relative ai processi produttivi nell'ambito del progetto INNOVance 110  
 Definition of technical specifications concerning the production processes within the INNOVance project  
*G. M. Di Giuda, V. B. Villa, M. Maggioni, B. Pispico*
- 1.7 Il Building Information Modeling e la Gestione della Sicurezza nei Cantieri di Grandi Dimensioni 129  
 Building Information Modeling and Large Construction Site Health and Safety Management  
*A. L. C. Ciribini, A. Vanossi, S. Mastrolembo Ventura, M. Paneroni, M. Bolpagni, G. Caratozzolo*
- 1.8 BIM e gestione della conoscenza per la rappresentazione del patrimonio archeologico 154  
 BIM and knowledge management for archaeological heritage representation  
*S. Cursi, D. Simeone, I. Told, A. Fioravanti, G. Carrara*

## Capitolo Secondo

### SOSTENIBILITÀ A SCALA URBANA E DELLE INFRASTRUTTURE

- 2.1 Istantanea dell' Airport Design in Italia. Un' analisi della situazione dei terminal esistenti della Core Network italiana 175  
 Snapshot of the Italian Airports Design. An analysis of the Italian Core Network existent terminals situation  
*E. Fossi, M. A. Esposito*
- 2.2 Le tecnologie off-grid nella riqualificazione dei centri storici minori 188  
 The off-grid technologies in the rehabilitation of minor historical centres  
*P. De Berardinis, C. Marchionni*
- 2.3 Reti e strutture tensegrali nei sistemi urbani 205  
 Networks and tensegrity structures in urban systems  
*A. Pizzigoni, G. Ruscica*
- 2.4 Conseguire il Lean Project Design Delivery 217  
 Achieving Lean Project Design Delivery  
*F. Bosi, M. A. Esposito*
- 2.5 Gestione Energetica Sostenibile per Stazioni Sotterranee: Potenziali di Risparmio 236  
 Sustainable Energy Management for Underground Stations: Saving Potentials  
*M. Lemma, R. Ansuini, S. Ruffini*

- 2.6 Rigenerazione urbana sostenibile. Confronto tra possibili scenari di intervento 256  
Sustainable urban regeneration. Comparison between possible intervention scenarios  
*R. Caponetto, V. Di Marco*

### Capitolo Terzo

#### TECNOLOGIE PER L'EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI ORGANISMI EDILIZI

- 3.1 Protezioni solari a geometria 3D: Caratterizzazione delle proprietà ottico-radiative 277  
e verifica dell'efficacia energetica per esposizione  
Shading devices with 3D geometry: Characterization of optical and radiative properties and evaluation of energetic efficacy for different exposures  
*A. Speroni, T. Poli, A. G. Mainini, R. Paolini, M. Zinzi, I. Renzi, A. Zani*
- 3.2 Approcci innovativi nel processo edilizio degli edifici ad alta efficienza 295  
energetica in Sardegna  
Innovative approaches to the construction process of energy efficient buildings in Sardinia  
*M. Basciu*
- 3.3 La gestione delle schermature solari mediante sistemi di Building Automation 315  
Solar shading management strategies: the role of Building Automation systems  
*A. Pierucci, G.R. Dell'Osso, F. Mascolo*
- 3.4 La prestazione ottico-radiativa nel tempo dell'involucro edilizio: esposizione 331  
naturale in ambiente urbano, e invecchiamento e sporcamento accelerato in laboratorio  
Building envelope's optical-radiative performance over time: natural exposure in urban environments, and accelerated weathering and soiling  
*R. Paolini, T. Poli, G. Terraneo, M. Zinzi, E. Carnielo, A. G. Mainini*
- 3.5 Variazione del Fattore di Luce Diurna in funzione della morfologia urbana e della 348  
riflettanza delle superfici esterne  
Urban morphology and external surface reflectance weight on Daylight Factor  
*M. Donato, A. Speroni, T. Poli, A. G. Mainini, R. Paolini*
- 3.6 Valutazioni delle prestazioni energetiche di sistemi BiPV: un caso di studio 361  
numerico sperimentale  
Energy performance assessment of BiPV façades: a numerical and experimental case study  
*S. di Gregorio, F. Iannone, F. Frontini*

- 3.7 Soluzioni bioclimatiche e di building automation per la riqualificazione energetica di un edificio residenziale in clima Mediterraneo 383  
 Bioclimatic and building automation solutions for the energy retrofit of a residential building in Mediterranean climate  
*D. Decarolis, A. Rinaldi, F. Iannone*

## Capitolo Quarto

### MANAGEMENT E ASPETTI MULTIDISCIPLINARI DELLA SOSTENIBILITÀ

- 4.1 Analisi del Costo Globale per il miglioramento energetico del Social Housing 405  
 Global Cost Analysis for energy refurbishment of Social Housing  
*M. A. Bragadin, L. Boiardi, L. Santoni*
- 4.2 Il progetto strutturale e il Project Management: una analisi Multicriterio per selezionare la soluzione ottimale di adeguamento sismico in sistemi di edifici complessi 422  
 Structural Design and Project Management: a Multi-Criteria Analysis to select the optimal seismic retrofit strategy for systems of complex buildings  
*V. Getuli, T. Giusti, P. Capone*
- 4.3 Il colore verde negli Appalti Pubblici 442  
 The green colour in Public Procurements  
*B. Orgiano*
- 4.4 L'importanza della educazione ambientale nella produzione edilizia e nella tutela dell'efficienza energetica 451  
 The importance of the environmental education on the building production and the protection of efficiency energy  
*M. Di Marzo, D. Forenza*
- 4.5 Adeguamento strutturale ed energetico degli edifici esistenti 461  
 Structural and Energetic Adaptation of Existing Buildings  
*A.G. Leuzzi, R. Cocci Grifoni*
- 4.6 Il riciclo dell'EPS nella produzione di malte cementizie per l'edilizia 477  
 Recycled EPS in the production of cement mortars for the construction industry  
*A. Petrella, A. Pierucci, S. Liuzzi, A. Sciotti, M. De Fino, P. Stefanizzi, F. Fatiguso, G. Boghetich, G. De Tommasi*
- 4.7 Il progetto del cantiere nelle gare ad offerta economicamente più vantaggiosa 493  
 Construction site design assessment in the most cost-effective bid  
*M. L. Trani, L. Beretta, B. Bossi*

**“Il progetto strutturale e il Project Management: una analisi Multicriterio per selezionare la soluzione ottimale di adeguamento sismico in sistemi di edifici complessi”**

**“Structural Design and Project Management: a Multi-Criteria Analysis to select the optimal seismic retrofit strategy for systems of complex buildings”**

**Vito Getuli\*, Tommaso Giusti\*, Pietro Capone\***

*(\*)Università degli Studi di Firenze – DICEA, via di Santa Marta, 3 - Firenze  
vito.getuli@dicea.unifi.it, tommasog@dicea.unifi.it, pcapone@dicea.unifi.it*

**Topic:** la formalizzazione dei modelli per la progettazione e la costruzione

## **Abstract**

The selection of the optimal strategy to seismically upgrade an existing building is a difficult problem. The difficulty increases in case of a complex buildings system with different strategic requirements in terms of organization layout and structural features. The questions concerns issues such as the complexity to combine management and technical strategies, especially in situations of comparable costs, and the selection of the optimal strategy in a range of possible solutions. It is demonstrated that the best way for influencing final cost obtaining stakeholders' satisfaction is to intervene at the beginning of Design Stages.

In this contribution we present the implementation of a structured methodology of project management supported by Information Technology for the constructability performance evaluation of different seismic retrofit scenarios in order to choose the optimal retrofit solution in a complex buildings system. Evaluation criteria, using different constructability attributes, combined with evaluation systems are used to grade the different retrofit strategies.

The procedure intends to control building management during constructive phases since the early stage of the project. This is possible through the simulation of construction site in all the different prefigured scenarios. Managing the results in some specific tables, with a specific evaluation system it is possible to assess alternative management strategies. Similarly, taking information from a preset database, the procedure grades technical strategies. Finally combining structural and constructive strategies, the optimal retrofit solution is chosen.

Business Intelligence –mathematical models and decision making systems- applied to BIM technology for optimizing construction process during design phase is further future development in the industrial perspective.

## 1. Introduzione

La selezione della strategia ottimale di adeguamento sismico in edifici esistenti è un problema complesso. La difficoltà aumenta allorché l'oggetto dell'intervento è un sistema di edifici complessi, di importanza strategica, con molteplici necessità tanto gestionali quanto strutturali. Una struttura complessa, operativa durante l'esecuzione dell'intervento, obbliga il progettista a dover coinvolgere nella scelta della soluzione progettuale finale competenze sia tecniche che manageriali e strategiche (Francis, 1999).

In questi casi l'assenza o anche una scelta errata del progetto di cantierizzazione avrebbe come diretta conseguenza la non edificabilità dell'intervento o una riprogettazione parziale o ancora un aumento sproporzionato dei costi e dei tempi di realizzazione.

Pertanto, un livello "accettabile" di progettazione può essere raggiunto individuando e controllando, fin dalle prime fasi del progetto, esigenze ed obiettivi, tecnici e manageriali. Non è infatti auspicabile che la scelta e la qualità dell'intervento siano la risultante dell'applicazione tout court di una tipologia di intervento semplicemente compatibile, frutto dell'esperienza del singolo progettista.

In questa prospettiva l'utilizzo della scienza del management, abbinato a modelli matematici per le decisioni, può garantire il raggiungimento delle esigenze e degli obiettivi precedentemente individuati (Thermou e Elnashai, 2002).

D'altronde è riconosciuto che ogni decisione presa durante la fase iniziale del progetto ha più influenza sul risultato finale rispetto a quelle prese durante le fasi successive (Fig.1) (Hendrickson, 1989).

## 1. Introduction

The selection of the optimal strategy for the seismic retrofitting of an existing building is a difficult problem. The difficulty increases in case of a complex buildings system with different strategic requirements in terms of organization layout and structural features.

In this case, due to efficiency of buildings system, the designer should consider, while choosing the final design solution, not only technical skills but also managerial and strategical ones (Francis, 1999).

In the case of a wrong construction site project, the result would be the non buildability, the building redesign or even the excessive increase in costs and time.

Therefore, by modelling and managing the requirements and the aims from the early stages of the project, it would be possible to achieve an adequate level of design.

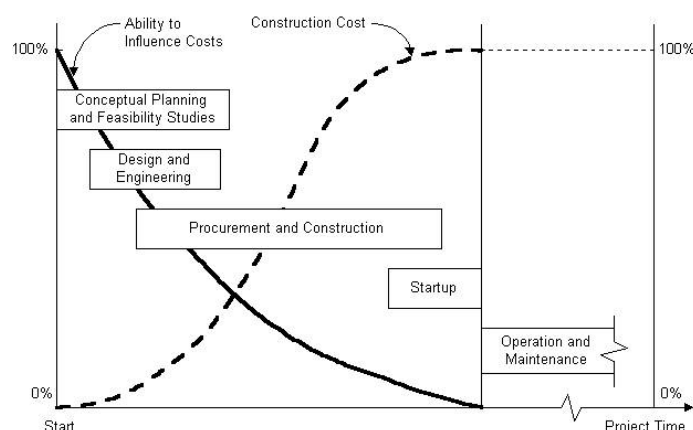
The final design should not be the tout-court application of a compatible solution resulting from the individual designer skills.

In this perspective the use of management science, combined with mathematical models for decision making, may guarantee the reaching of the aforesaid requirements and aims (Thermou e Elnashai, 2002).

It is recognised that any decision made at the initial stage of a project life cycle has far greater influence than those made in later stages or during the construction phase (Fig.1) (Hendrickson, 1989).



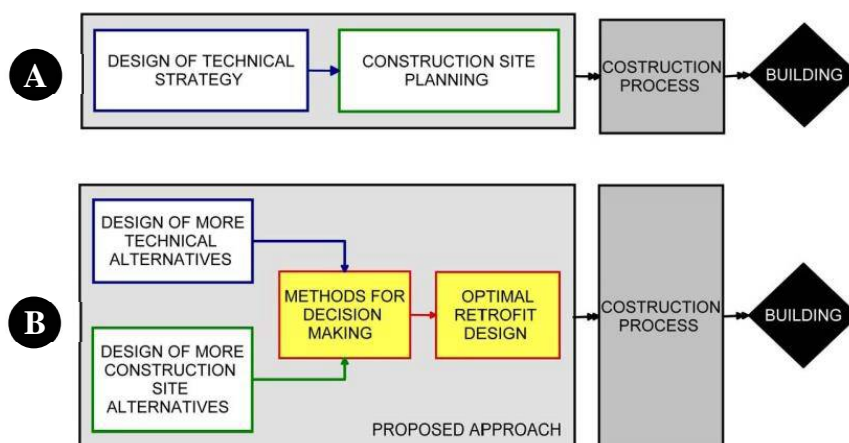
*Structural Design and Project Management: a Multi-Criteria Analysis to select the optimal seismic retrofit strategy for systems of complex buildings*



*Fig.1 Ability to influence Construction Cost Over Time*

L'approccio proposto (Schema B in Fig.2) assegna ad una unica e simultanea procedura di progetto iniziale il ruolo chiave di ottimizzazione del progetto finale, partendo dall'idea principale di controllare il processo di cantierizzazione sin dalle prime fasi di progettazione e non immediatamente prima l'inizio dei lavori (Schema A in Fig.2) (Capone, 2013). Partendo dall'analisi di una serie di alternative di adeguamento sismico compatibili sarà possibile individuare tra di esse la soluzione che meglio soddisfa gli obiettivi prefissati.

In order to control construction site during the early design phases (Diagram B in Fig.2) and not simply during the construction process (Diagram A in Fig.2), the proposed approach assigns to a unique and simultaneous procedure the key role of optimizing both structural studies and construction site (Capone, 2013). Starting from analyzing different retrofit strategies it will be possible to select the favorable overall solution.



*Fig.2 Diagram of the proposed approach*

## 2. Il problema

Quando si parla di adeguamento sismico, una serie di strategie di intervento alternative possono risultare compatibili all'edificio in esame ma, prima adottarne una in particolare, il progettista dovrà valutare insieme al "proprietario" una serie di possibili soluzioni che soddisfino le sue necessità (ATC, 40).

Nel caso di edifici complessi, volendo progettare fin dalle prime fasi la cantierizzazione e la gestione dell'intervento, si ritiene opportuno distinguere due diverse famiglie di strategie:

1) le **Strategie Tecniche** volte ad incrementare la capacità dell'edificio di resistere all'evento sismico:

- Completamento;
- Rinforzo ed Irrigidimento;
- Miglioramento della Capacità Deformativa;
- Riduzione della Domanda Sismica.

2) le **Strategie di Gestione** che attengono alle modalità in cui ciascun intervento può essere realizzato; in termini di gestione e cantierizzazione della strategia tecnica:

- Cambio di Destinazione d'Uso;
- Demolizione;
- Retrofit Transitorio;
- Retrofit per Fasi Successive;
- Retrofit con Edificio Occupato;
- Retrofit con Edificio Vuoto;
- Retrofit dall'Esterno;
- Retrofit dall'Interno.

Con questi presupposti, le particolari scelte del contributo presentato sono quelle di:

- considerare in fase iniziale un numero finito di *alternative* che identificano le strategie tecniche e di gestione, scelte all'interno di tutte le strategie possibili,

## 2. The question

In the case of seismic retrofit, a huge number of different strategies and systems may result in acceptable design solutions. Prior to adopting a particular strategy, the designer should evaluate a number of alternatives with respect to feasibility and applicability and, together with the owner, should select the combination of strategies that appears to provide the most favorable overall solution (ATC, 40).

Regarding the complex buildings system it would be appropriate to discern two families of strategies:

1) the **Technical Strategies** designed to increase seismic performance of the building:

- System Completion;
- System Strengthening and Stiffening;
- Enhancing Deformation Capacity;
- Reducing Earthquake Demands.

2) the **Management Strategies** that regulate the way in which a technical strategy is implemented in terms of management and construction site tools:

- Occupancy Change;
- Demolition;
- Temporary Retrofit;
- Phased Retrofit;
- Retrofit with occupied building;
- Retrofit with Vacant Building;
- Exterior Retrofit;
- Interior Retrofit.

According to the main idea of controlling the construction site layout during the early design phases it would seem reasonable:

- to consider a range of *alternatives* that represent the technical and management

compatibili al caso in esame;

- assumere la soluzione progettuale finale come la combinazione di una *alternativa tecnica* e di una *alternativa di gestione*;

- ricercare, tra le possibili combinazioni di alternative, quella soluzione progettuale che meglio risponde alle esigenze del caso.

Restano pertanto da individuare gli strumenti e le modalità con cui combinare le strategie ed effettuare la selezione ricordando che compiere una scelta corrisponde a considerare da diversi punti di vista il problema da risolvere, legandosi inevitabilmente ad una serie di aspetti da tenere sotto controllo.

Di conseguenza, l'obiettivo principale del lavoro è quello di fornire al progettista una procedura di analisi, descritta step-by-step, in grado di guidarlo nella selezione della soluzione ottimale di intervento di adeguamento sismico all'interno di una serie di soluzioni possibili.

### 3. I metodi numerici

Uno degli approcci più utilizzati negli ultimi anni per risolvere queste tipologie di problematiche è il *Multi-Criteria-Decision-Making* (MCDM). (Caterino, 2009)

Questo indica una serie di strumenti evoluti, finalizzati a permettere al *Decision Maker* (DM) di ricercare la soluzione a problemi decisionali contraddistinti da svariati attributi. Va precisato che essi non individuano una soluzione "ottima" in senso assoluto ed oggettivo, ma ne definiscono una gerarchia in funzione delle prestazioni che esse offrono nei confronti

strategie compatibili con il caso di studio, all'interno di tutte le strategie esistenti;

- considerare la soluzione finale come la combinazione tra una *alternativa tecnica* e una *alternativa di gestione*;

- cercare la strategia che soddisfa più requisiti.

Di conseguenza, rimane da identificare i processi e gli strumenti per collegare le strategie e per selezionare la soluzione finale, tenendo conto che per ogni decisione ci sono inevitabilmente un certo numero di aspetti da tenere sotto controllo.

Con queste ipotesi, lo scopo principale di questo documento è fornire al progettista una procedura di analisi, descritta step-by-step, per scegliere la soluzione ottimale di intervento in un certo numero di alternative.

### 3. The numerical methods

One of the most common approaches to solve this kind of problem is the *Multi-Criteria-Decision-Making* (MCDM). (Caterino, 2009)

This approach provides the Decision Maker (DM) with several advanced tools in order to select the solution when different parameters are involved. MCDM do not search the optimal solution in an absolute sense but they make a rank according to DM's evaluation attributes.

MCDM methods are divided in two categories: depending on input-data (Deterministic, Stochastic, Fuzzy), depending on the number of DM (Single

dei criteri di giudizio appositamente selezionati dal DM.

I metodi MCDM possono distinguersi generalmente in due categorie: in base alla tipologia di dati che utilizzano (Deterministici, Stocastici e Fuzzy) o in base al numero di DM coinvolti nella scelta (Singolo Decisore o Decisori Multipli) (Chen e Hwang, 1991).

Per il problema della selezione della soluzione ottimale di adeguamento sismico, viene posta l'attenzione sui metodi a singolo decisore, di tipo deterministico, che utilizzano informazioni di tipo cardinale e dei quali si riporta la classificazione proposta da Chen e Hwang (Fig.3).

DM or Multiple DM) (Chen e Hwang, 1991).

For the selection of optimal seismic retrofit strategy, attention is drawn to Determinist Methods that use cardinal information with Single Decision Maker. The Figure 3 shows the classification proposed by Chen e Hwang.

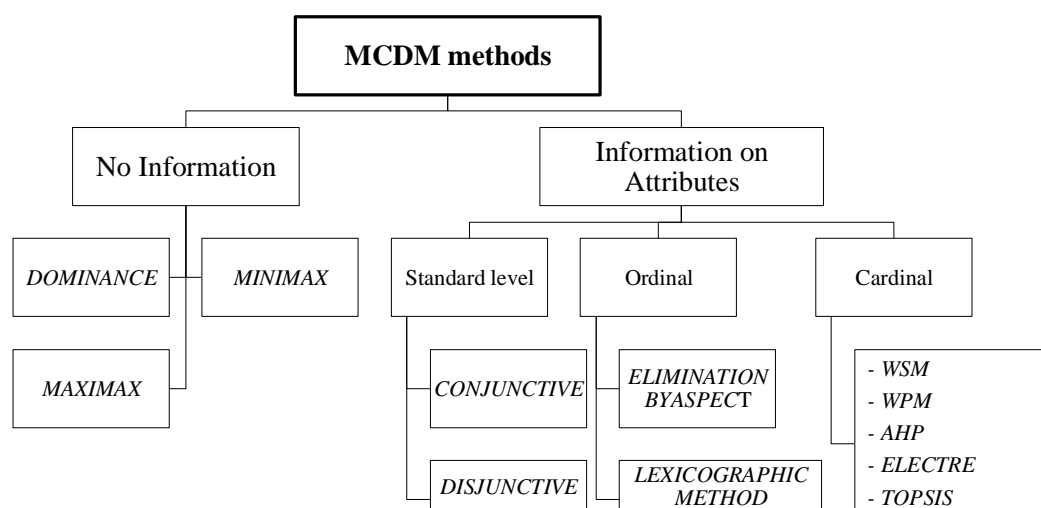


Fig.3 MCDM classification as re-elaborated on the proposal by Chen e Hwang (1991)

## 4. Il metodo proposto

L'approccio proposto - descritto step-by-step nel paragrafo successivo predispose il problema decisionale come illustrato di seguito:

A) le **alternative** rappresenteranno le differenti scelte di azioni disponibili per il decisore, in un numero finito e determinato in fase iniziale;

-  $A^T$  = *Alternative Tecniche*

## 4. The proposed method

The proposed approach, described step-by-step in the next section, programs the decision problem as shown below:

A) the **alternatives** represent the different choices of actions available to the decision-maker, in a finite number and determined in the initial phase;

-  $A^T$  = *Technical Alternatives*

-  $A^G$  = *Alternative Gestionali*

B) ad ogni famiglia di alternative sarà associata una serie di **attributi** ovvero criteri di giudizio che rappresenteranno i diversi punti di vista sotto i quali ciascuna alternativa potrà essere giudicata;

-  $C^T$  = *Criteri Tecnici*

-  $C^G$  = *Criteri Gestionali*

C) ad ogni attributo sarà associato un **peso**, rappresentativo della sua importanza relativa rispetto agli altri.

-  $w_s$  = *Pesi criteri tecnici*

-  $w_z$  = *pesi criteri gestionali*

Un passo importante è rappresentato dall'analisi delle alternative. Il metodo prevede che, per ognuna di essa dovranno essere ricavate una serie di informazioni, le quali, sintetizzate in due schede tipo (Figg. 4,5), serviranno a sviluppare il processo decisionale.

### **1. Alternative Tecniche**

Per ogni strategia il DM dovrà acquisire le seguenti informazioni:

- a) rappresentazione grafica di un *dettaglio costruttivo*;
- b) scomposizione dell'intervento in *fasi esecutive* necessarie alla realizzazione dell'intervento tecnico;
- c) identificazione delle *aree di cantiere* necessarie per ogni fase esecutiva;
- d) individuazione degli *attributi tecnici*;
- e) assegnazione dei *pesi* agli attributi.

In figura 4 è rappresentata la scheda di sintesi.

### **2. Alternative di Gestione**

Attraverso la modellazione tridimensionale del cantiere su un edificio assunto come modello, il DM dovrà acquisire le seguenti

-  $A^G$  = *Management Alternatives*

B) a set of **attributes**, associated with each class of alternatives, represents the different points of view under which each alternative can be judged;

-  $C^T$  = *Technical Criteria*

-  $C^G$  = *Management Criteria*

C) each attribute has a **weight**, which represents its level of importance compared to the other.

-  $w_s$  = *Weight of Technical Criteria*

-  $w_z$  = *Weight of Management Criteria*

An important step is represented by the analysis of alternatives. For each of them a set of information must be acquired and they have been synthesized in preset data tables as shown in Figg.4,5.

### **1. Technical Alternatives**

The data DM must acquire are listed below:

- a) graphical representation of *constructive detail*;
- b) breakdown of the strategy in *executive phases*;
- c) identification of *construction site areas* for each executive phase;
- d) technical *attributes*;
- e) *weights* of attributes.

Figure 4 shows the organization of these data in the specific table.

### **2. Management Alternatives**

Using 3D Modelling of construction site in a building taken as a model (Fig.5), the data the DM must acquire are listed below:

- a) design of *construction site layout*;

informazioni:

- a) studio di un *layout di cantiere*;
- b) programmazione delle *fasi di cantiere* in funzione delle esigenze del caso in esame;
- c) valutazione della *compatibilità dell'alternativa* analizzata con tutte le alternative tecniche, in una scala da 0 a 1. Questo passo ha l'obiettivo di conoscere quanto l'organizzazione del cantiere proposta sia compatibile con tutte le alternative tecniche;
- d) individuazione degli *attributi gestionali*;
- e) assegnazione dei pesi agli attributi.

In figura 5 è rappresentata la scheda di sintesi proposta.

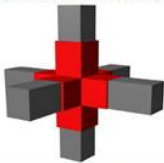
TECHNICAL ALTERNATIVES $A_n^T$		
CONSTRUCTIVE DETAIL	CRITERIA	WEIGHTS
		$w_1$ ... $w_s$
	$C_1^T$	
	...	
	...	
	...	
	$C_s^T$	
EXECUTIVE PHASES	CONSTRUCTION SITE AREAS	
...	...	
...	...	
...	...	
...	...	
...	...	
PREVENTIVE MEASURES	NOTES	

Fig.4 Table of technical information

Il processo decisionale individuerà la *soluzione ottimale*  $A^*$  come quella che manifesterà la miglior risposta globale agli obiettivi. In figura 8 è rappresentato il diagramma operativo dell'approccio proposto.

- b) planning of *construction site phases*.
- c) analysis of *compatibility* level with respect to each technical alternatives; This step aims to understand how the proposed organization layout out is compatible with all the technical alternatives;
- d) management *attributes*;
- e) *weights* of attributes.

Figure 5 shows the organization of data in the specific table.


MANAGEMENT ALTERNATIVES $A_m^G$		
CONSTRUCTION SITE LAYOUT	CRITERIA	WEIGHTS
		$w_1$ ... $w_z$
	$C_1^T$	
	...	
	...	
	...	
	$C_z^T$	
CONSTRUCTION SITE PHASES	COMPATIBILITY ANALYSIS	
	Technical Alternatives	Score
	$A_1^T$	
	...	
	$A_n^T$	
PREVENTIVE MEASURES	NOTES	

Fig.5 Table of management information

The decision making problem will choose the optimal retrofit solution  $A^*$  as that solution which demonstrates the best global response to the objectives. Figure 8 shows the operative diagram of the proposed approach.

## 4.1 Il metodo step-by-step

Il metodo si sviluppa nei passi di seguito descritti:

- 1) Individuare le Alternative Tecniche  $A_n^T$  e le Alternative di Gestione  $A_m^G$ , strutturalmente e cantieristicamente compatibili con il sistema di edifici analizzati.
- 2) Identificare e raggruppare gli attributi in due famiglie:  $C_s^T$  (criteri di giudizio tecnici) e  $C_z^G$  (criteri di giudizio gestionali).
- 3) Analizzare le Alternative e riorganizzare le informazioni in due schede tipo (Figg.4,5).
- 4) Attribuire dei punteggi parziali ad ogni strategia rispetto ad ogni criterio in una scala da 0 a 10.
- 5) Determinare il valore dei pesi  $w_j$  dei criteri tecnici  $C_j^T$  ( $j = 1, 2, \dots, s$ ) e dei criteri gestionali  $C_j^G$  ( $j = 1, 2, \dots, z$ ).

Definire accuratamente l'importanza dei criteri è un aspetto fondamentale dei metodi MCDM. Esistono diversi metodi per l'attribuzione dei pesi; l'approccio proposto ne seleziona due:

→ il metodo per *Assegnazione Diretta*. Quando il DM è particolarmente esperto potrebbe essere in grado di valutare l'importanza relativa di ogni attributo rispetto agli altri assegnando un voto in una scala standard.

→ il metodo dell'*Autovalore di*

## 4.1 The method step-by-step

The proposed method is developed by the following steps:

- 1) Identify the Technical Alternatives  $A_n^T$  Management Alternatives  $A_m^G$ , compatible with the analyzed buildings.
- 2) Choose and split attributes in two families:  $C_s^T$  (technical criteria) e  $C_z^G$  (management criteria).
- 3) Examine the strategies and Reorganize the information in the preset table (Figg.4,5).
- 4) Assess the strategies with a score for each attributes in a range from 1 to 10.
- 5) Define the weight  $w_j$  of technical criteria  $C_j^T$  ( $j = 1, 2, \dots, s$ ) and management criteria  $C_j^G$  ( $j = 1, 2, \dots, z$ ).

The problem of defining the importance of the criteria is a fundamental aspect of the MCDM methods. There are several methods for the allocation of the weight; the proposed approach selects two of them:

→ method based on *Direct Assignment*. An expert DM may be able to assess the relative importance of each attributes than the others by assigning preference score in a standard scale.

→ *Eigenvalue Method* proposed by Saaty that eludes difficult measures of preferences. This method permits to compare the strategy performance, respect to a given criterion, two-by-

Saaty che evita al DM difficili misurazioni cardinali. Infatti tale metodo richiede di confrontare le prestazioni di due alternative alla volta rispetto ad un dato criterio e di associare un a questo confronto un valore sulla scala lineare di Saaty (Saaty, 1980).

two and to associate a value on a linear scale of Saaty (Saaty, 1980).

Definition	Value
Equal importance	1
Somewhat more important	3
Much more important	5
Very much more important	7
Absolutely more important	9
Intermediate values	2,4,6,8

Tab.1 The Saaty Rating Scale

Ai fini della metodologia proposta sarà il DM a poter scegliere, in funzione del suo livello di esperienza, quale approccio utilizzare, scalando i valori in modo da avere:

$$\sum_{j=1}^{s,z} w_j = 1$$

6) Esprimere il problema decisionale in forma matriciale identificando due matrici di decisione (Fig.6):

6.1.  $A^T$  (matrice delle alternative tecniche) di ordine  $(n \times s)$  con  $n$  numero di alternative tecniche ed  $s$  numero di criteri di giudizio tecnici;

6.2.  $A^G$  (matrice delle alternative di gestione) di ordine  $(m \times z)$  con  $m$  numero di alternative gestionali e  $z$  numero di criteri di giudizio gestionali.

Nelle due matrici di decisione il generico elemento  $a_{ij}$  identifica il *punteggio* delle generica alternativa  $A_i$  rispetto al generico criterio  $C_j$ .

In the proposed approach the DM, depending on his level of experience, can select one of them scaling the values in order to have:

$$\sum_{j=1}^{s,z} w_j = 1$$

6) Express the decision making problem in two different decision matrix (Fig.6):

6.1.  $A^T$  (technical decision matrix) of order  $(n \times s)$  and with  $n$  as the number of technical strategies and  $s$  as the number of technical criteria;

6.2.  $A^G$  (management decision matrix) of order  $(m \times z)$  and with  $m$  as the number of management strategies and  $z$  as the number of management criteria.

In the two matrix the generic element  $a_{ij}$  identifies *score* of alternative  $A_i$  for criterion  $C_j$ .



7) Determinare il punteggio da associare a ciascuna alternativa sommando le prestazioni pesate (del tipo  $a_{ij}w_j$ ) di quell'alternativa rispetto a tutti i criteri come mostrato in Fig.6 (*Weighted Sum Model*):

$$\text{punteggio } A^T = t_i = \sum_{j=1}^s a_{ij}w_j$$

$$\text{punteggio } A^G = g_j = \sum_{i=1}^z a_{ij}w_j$$

7) Define the final score of each alternatives by adding the weighed performances ( $a_{ij}w_j$ ) as shown in Fig.6 (*Weighted Sum Model*):

$$\text{punteggio } A^T = t_i = \sum_{j=1}^s a_{ij}w_j$$

$$\text{punteggio } A^G = g_j = \sum_{i=1}^z a_{ij}w_j$$

		Technical Criteria (weight)				Score			Management Criteria (weight)				Score		
		$C_1^T(w_1)$	$C_2^T(w_2)$	...	$C_s^T(w_s)$				$C_1^G(w_1)$	$C_2^G(w_2)$	...	$C_z^G(w_z)$			
Technical Strategies	$A_1^T$	$a_{11}^T$	$a_{12}^T$	...	$a_{1s}^T$	$\rightarrow$	$\sum_{j=1}^s a_{1j}w_j$	Management Strategies	$A_1^G$	$a_{11}^G$	$a_{12}^G$	...	$a_{1z}^G$	$\rightarrow$	$\sum_{j=1}^s a_{1j}w_j$
	$A_2^T$	$a_{21}^T$	$a_{22}^T$	...	$a_{2s}^T$	$\rightarrow$	$\sum_{j=1}^s a_{2j}w_j$		$A_2^G$	$a_{21}^G$	$a_{22}^G$	...	$a_{2z}^G$	$\rightarrow$	$\sum_{j=1}^s a_{2j}w_j$
	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.
	$A_n^T$	$a_{n1}^T$	$a_{n2}^T$	...	$a_{ns}^T$	$\rightarrow$	$\sum_{j=1}^s a_{nj}w_j$		$A_m^G$	$a_{m1}^G$	$a_{m2}^G$	...	$a_{mz}^G$	$\rightarrow$	$\sum_{j=1}^s a_{mj}w_j$

Fig.6 Decision Matrices

8) Valutare la compatibilità di ogni Alternativa Tecnica con ciascuna Alternativa Gestionale in una scala di compresa tra 0 e 1 (Tab.2) e riportare i valori nella *matrice di compatibilità* K (Fig.7).

8) Assess the level of compatibility of each technical alternative with respect to each management alternative in a scale of value between 0 and 1 (Tab.2). After the assessment it is useful to report the values in a special matrix called *compatibility matrix* K (Fig.7).

Value	Definition
0	Non Compatible
0,2	Very Little Compatible
0,4	Modestly Compatible
0,6	Compatible
0,8	Very Compatible
1	Highly Compatible

Tab.2 Scale of compatibility

		Management Alternatives			
		$A_1^G$	$A_2^G$	...	$A_m^G$
Technical Alternatives	$A_1^T$	$k_{11}$	$k_{12}$	...	$k_{1m}$
	$A_2^T$	$k_{21}$	$k_{22}$		$k_{2m}$
	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...
	$A_n^T$	$k_{n1}$	$k_{n2}$	...	$k_{nm}$

Fig.7 Compatibility Matrix

9) Definire l'importanza relativa delle Alternative Tecniche  $w_t$  rispetto alle Alternative Gestionali  $[w_g = 1 - w_t]$  per *Assegnazione Diretta* in una scala a 10 punti come suggerito da Hwang e Yoon (Tab.3).

9. Define the level of importance  $w_t$  of Technical Strategies compared to Management Strategies  $[w_g = 1 - w_t]$  with *Direct Assignment* in a scale of values as suggested by Hwang e Yoon (Tab.3).

Definition	Value
Absolutely unimportant	0
Very unimportant	0,1
Unimportant	0,3
Equal importance	0,5
More Importance	0,7
Much more Importance	0,9
Absolutely more Importance	1

Tab.3 Scale of values

10. Combinare le A.T. con le A.G. determinando la matrice di decisione finale  $D$  rappresentativa di un numero  $(n \times m)$  di soluzioni possibili di adeguamento sismico i cui elementi sono dati dalla relazione:

$$d_{ij} = k_{ij} \left( \frac{t_i w_t + g_j w_g}{2} \right)$$

Nella matrice  $D$  il generico elemento  $d_{ij}$  identifica il punteggio della strategia di adeguamento sismico ottenuta dalla combinazione dell'alternativa tecnica  $A_i$  e alternativa gestionale  $A_j$ .

10. Combine T.A. with M.A. defining the final decision matrix  $D$  that represents a number  $(n \times m)$  of possible seismic retrofit. Its components are defined as shown below:

$$d_{ij} = k_{ij} \left( \frac{t_i w_t + g_j w_g}{2} \right)$$

In the matrix  $D$  the generic element  $d_{ij}$  identifies the score of the Retrofit Alternative obtained by the combination of the Technical Strategy  $A_i$  and the Management Strategy  $A_j$ .

**11.** Infine, individuare la migliore soluzione progettuale  $A^*$  come quella che soddisfa la seguente espressione:

$$A^* = \arg \max D$$

L'alternativa  $A^*$  identifica la *soluzione ottimale di adeguamento sismico* come quella che, avendo ottenuto il punteggio massimo, manifesta la miglior risposta globale agli obiettivi individuati.

**11.** Finally, select the Optimal Retrofit Design  $A^*$  as the one that satisfies the following expression:

$$A^* = \arg \max D$$

The Alternative  $A^*$  is the *optimal retrofit solution* which demonstrates the best global response to the objectives.

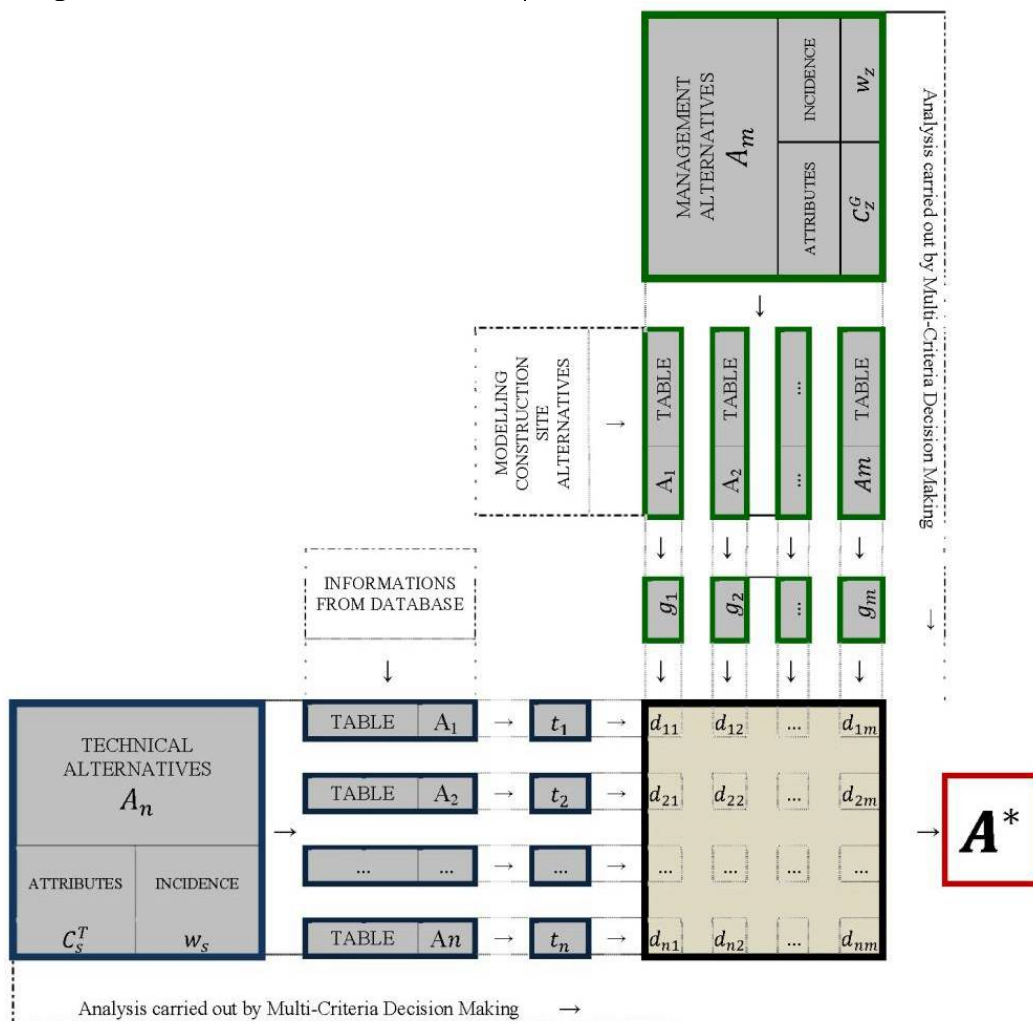


Fig.8 Operative Diagram of proposed method to select the optimal retrofit strategy

## 4.2 Applicazione ad un caso studio

Al fine di validare la metodologia, quest'ultima è stata applicata per la

## 4.2 Application to a case study

In order to validate the proposed approach, the selection process was



# Structural Design and Project Management: a Multi-Criteria Analysis to select the optimal seismic retrofit strategy for systems of complex buildings

Fig.9 Weights of Attribute

Fig.10 Trend o performance alternatives compared to attributes



Fig.11 Example of one table for the analysis of Management Strategies

i.2. Alternative tecniche. Nelle tabelle che seguono sono sintetizzati i risultati ottenuti.

Technical Alternatives	
$A_1^T$	Reinforcement with concrete jacketing
$A_2^T$	Reinforcement with steel jacketing
$A_3^T$	Reinforced concrete jacket on both sides of exterior walls
$A_4^T$	Reinforcement with steel bracing

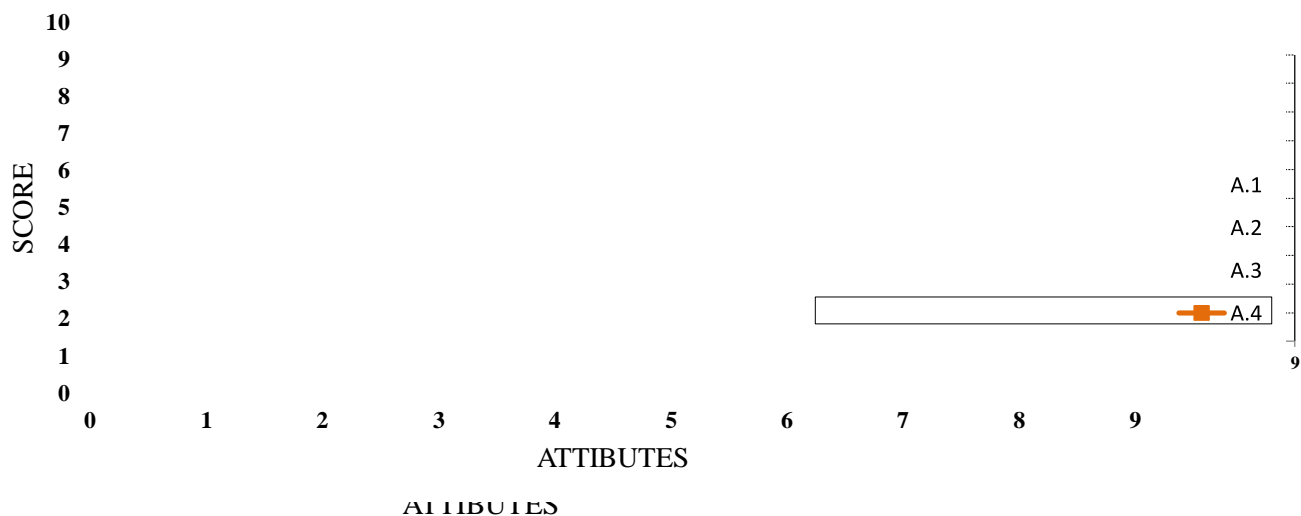
Tab.6 Technical Alternatives

i.2. Technical Alternatives. The following tables summarize the results.

Attributes		Weight	
$C_1^T$	Shortness in realization times	$w_1$	0,06
$C_2^T$	Low costs of installation	$w_2$	0,1
$C_3^T$	Low costs of maintenance	$w_3$	0,16
$C_4^T$	Low aesthetic impact	$w_4$	0,22
$C_5^T$	Low disturbance to the hospital activities	$w_5$	0,14
$C_6^T$	Structural Compatibility	$w_6$	0,11
$C_7^T$	Functional Compatibility	$w_7$	0,18
$C_8^T$	Standardization of reinforcing components and working phases	$w_8$	0,03

Structural Design and Project Management: a Multi-Criteria Analysis to select the optimal seismic retrofit strategy for systems of complex buildings

Tab 7 Technical Attributes and weights



DESCRIZIONE	INTERVENTO TIPO	SCHEMA	VALUTAZIONE COSTRUIBILITÀ DELL'INTERVENTO	INDICE STIMATO																																																																																																																										
<b>PILASTRI</b>	<b>INCAMICIATURA CON NUOVE ARMATURE</b>		<p>In questa sezione della scheda viene effettuata una valutazione/stima dei parametri di costruibilità individuati nella prima fase di analisi. Ad ogni parametro è associato un valore (Basso, Medio, Alto). Le valutazioni provengono da Normative Americane: <b>ATC40 Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings</b>.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>BREVITA' NEI TEMPI DI REALIZZAZIONE</li> <li>BASSI COSTI DI INSTALLAZIONE</li> <li>ESIGUI COSTI DI MANUTENZIONE</li> <li>LIMITATO IMPATTO ESTETICO DELL'INTERVENTO</li> <li>MINIMO DISTURBO ALLE ATTIVITA' OSPEDALIERE</li> <li>COMPATIBILITÀ STRUTTURALE CON L'ESISTENTE</li> <li>COMPATIBILITÀ FUNZIONALE CON L'ESISTENTE</li> <li>POSSIBILITÀ STANDARDIZZAZIONE COMPONENTI E FASI DI LAVORO</li> </ol> <table border="1"> <tr> <td><math>C_1^i</math></td> <td>Brevità nei tempi di realizzazione</td> <td><math>w_1</math></td> <td>0,06</td> <td><math>C_5^i</math></td> <td>Minimo disturbo alle attività ospedaliere</td> <td><math>w_5</math></td> <td>0,14</td> </tr> <tr> <td><math>C_2^i</math></td> <td>Bassi costi di installazione</td> <td><math>w_2</math></td> <td>0,1</td> <td><math>C_6^i</math></td> <td>Compatibilità strutturale con l'esistente</td> <td><math>w_6</math></td> <td>0,11</td> </tr> <tr> <td><math>C_3^i</math></td> <td>Esigui costi di manutenzione</td> <td><math>w_3</math></td> <td>0,16</td> <td><math>C_7^i</math></td> <td>Compatibilità funzionale con l'esistente</td> <td><math>w_7</math></td> <td>0,18</td> </tr> <tr> <td><math>C_4^i</math></td> <td>Limitato impatto estetico dell'intervento</td> <td><math>w_4</math></td> <td>0,22</td> <td><math>C_8^i</math></td> <td>Possibilità di standardizzazione dei componenti e delle fasi di lavoro</td> <td><math>w_8</math></td> <td>0,03</td> </tr> </table>	$C_1^i$	Brevità nei tempi di realizzazione	$w_1$	0,06	$C_5^i$	Minimo disturbo alle attività ospedaliere	$w_5$	0,14	$C_2^i$	Bassi costi di installazione	$w_2$	0,1	$C_6^i$	Compatibilità strutturale con l'esistente	$w_6$	0,11	$C_3^i$	Esigui costi di manutenzione	$w_3$	0,16	$C_7^i$	Compatibilità funzionale con l'esistente	$w_7$	0,18	$C_4^i$	Limitato impatto estetico dell'intervento	$w_4$	0,22	$C_8^i$	Possibilità di standardizzazione dei componenti e delle fasi di lavoro	$w_8$	0,03	<table border="1"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td> </tr> <tr> <td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td> </tr> <tr> <td>3</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td> </tr> <tr> <td>4</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td> </tr> <tr> <td>5</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td> </tr> <tr> <td>6</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td> </tr> <tr> <td>7</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td> </tr> <tr> <td>8</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$C_1^i$	Brevità nei tempi di realizzazione	$w_1$	0,06	$C_5^i$	Minimo disturbo alle attività ospedaliere	$w_5$	0,14																																																																																																																							
$C_2^i$	Bassi costi di installazione	$w_2$	0,1	$C_6^i$	Compatibilità strutturale con l'esistente	$w_6$	0,11																																																																																																																							
$C_3^i$	Esigui costi di manutenzione	$w_3$	0,16	$C_7^i$	Compatibilità funzionale con l'esistente	$w_7$	0,18																																																																																																																							
$C_4^i$	Limitato impatto estetico dell'intervento	$w_4$	0,22	$C_8^i$	Possibilità di standardizzazione dei componenti e delle fasi di lavoro	$w_8$	0,03																																																																																																																							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																					
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																					
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																					
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																					
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																					
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																					
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																					
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																					
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																					
<b>B</b>	<b>FASI ESECUTIVE NECESSARIE PER LA REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO</b>		<b>C</b>	<b>VISUALIZZAZIONE DELLO SVOLGIMENTO DELLE FASI ESECUTIVE (A SINISTRA) IN CANTIERE</b>																																																																																																																										
	<ol style="list-style-type: none"> <li>PUNTELLAMENTO DELLE STRUTTURE INTERESSATE</li> <li>DEMOLIZIONE DEL CALCESTRUZZO LESIONATO</li> <li>INIEZIONE DELLE LESIONI INTERNE AL NUCLEO</li> <li>RADDRIZZAMENTO DELLE BARRE LONGITUDINALI E APPLICAZIONE ANTIRUGGINE</li> <li>COLLOCAZIONE DELLE BARRE E DELLE STAFFE AGGIUNTIVE</li> <li>PULIZIA E ABBONDANTE UMIDIFICAZIONE (SENZA SATURAZIONE) DELLA SUPERFICIE DEL SUPPORTO</li> <li>APPLICAZIONE DEL CALCESTRUZZO O DEL BETONCINO A RITIRO COMPENSATO</li> <li>SCASSERATURA A MATURAMENTO COMPLETO E RIMOZIONE DELLE PUNTELLATURE</li> </ol>																																																																																																																													
	<p><b>PRECAUZIONI</b> ❶ Le modalità di posa in opera dei prodotti deve essere conforme a riportate nelle schede tecniche che conterrà il progetto esecutivo dell'intervento.</p>		<p><b>NOTE</b> ❶ Per forti spessori è opportuno disporre una doppia orditura di armature. ❷ In presenza di pilastri allungati disporre anche delle legature trasversali. ❸ In alternativa alle legature si possono utilizzare anche tassello chimici ancorati al nucleo interno. ❹ Dove non si abbia altezza sufficiente per l'ancoraggio aumentare il numero di barre o bloccare con piastre.</p>																																																																																																																											
			<p><b>VOTO FINALE</b></p> <p><b>6.12</b></p>																																																																																																																											

Fig. 14 Example of one table for the analysis of Technical Strategies

(ii) Matrici di decisione delle alternative.

Le figure 15 e 16 rappresentano la sintesi in forma matriciale dei punteggi assegnati

(ii) Decision matrix of alternatives.

The figure 15 and 16 show the score assigned to each alternatives in respect to

ad ogni alternativa rispetto a tutti i gli attributi. Nell'ultima colonna a destra i punteggi finali ottenuti da ogni alternativa.

each attributes.

In the last column are transcribed the final scores.

	$C_1^G$	$C_2^G$	$C_3^G$	$C_4^G$	$C_5^G$	$C_6^G$	$C_7^G$	$C_8^G$		
$A_1^G$	5	4	5	7	6	5	6	6	→	5,60
$A_2^G$	9	9	8	6	7	7	5	9	→	7,44
$A_3^G$	1	8	2	8	9	8	7	7	→	6,67
$A_4^G$	3	5	6	8	7	5	5	6	→	6,02

Fig.15 Decision Matrix of Management Strategies

	$C_1^G$	$C_2^G$	$C_3^G$	$C_4^G$	$C_5^G$	$C_6^G$	$C_7^G$	$C_8^G$		
$A_1^T$	7	9	7	6	5	5	5	7	→	6,12
$A_2^T$	4	5	6	6	5	4	4	6	→	5,03
$A_3^T$	6	7	3	5	4	5	7	9	→	5,14
$A_4^T$	5	4	5	7	8	9	9	8	→	6,57

Fig.16 Decision Matrix of Technical Strategies

**(iii) Scelta della soluzione ottimale di intervento.**

Avendo analizzato i rapporti di compatibilità ed effettuando i passi 8-9-10 del paragrafo 4.1, la soluzione ottimale  $A^*$  risulta essere:

**(iii) Selection of the Optimal Retrofit Strategy.**

After the evaluation, in according to points 8,9 and 10 of the aforesaid process, it was possible to select the optimal retrofit strategy  $A^*$ :

$A^*$	MANAGEMENT STRATEGY	TECHNICAL STRATEGY
	<b>Interior and Phased retrofit with occupied building</b>	<b>Retrofit with Steel Bracing</b>

**5. Conclusioni**

Le strategie di gestione e cantierizzazione dell'intervento sono state molto spesso considerate al di fuori dei compiti del progettista. Tuttavia è di fondamentale importanza che il progettista consideri tali strategie e assista il cliente nella scelta di una soluzione progettuale finale adeguata alle sue esigenze. La scelta di una strategia di cantierizzazione può infatti avere grandi effetti sulla fattibilità, sui costi e sui tempi

**5. Conclusions**

Management strategies have often been regarded as beyond of concern designer's scope . Nevertheless, it is very important that the designer consider these alternative management strategies and assist the owner in selecting an appropriate strategy. The management strategy selected can have a great effect on the feasibility and cost of implementing the various technical

di implementazione delle strategie tecniche.

Molto spesso, soprattutto in strutture pubbliche, può assumere maggiore importanza la strategia di gestione che quella tecnica. Basta pensare al caso delle strutture ospedaliere nelle quali una soluzione tecnica può voler dire cambiare la capienza dell'edificio o sezionare impianti di importanza strategica o cambiare temporaneamente l'assetto distributivo o ancora intervenire in sale operatorie generando un aumento incontrollato dei costi o addirittura la totale non edificabilità dell'intervento.

A questo va aggiunto il fatto che è ancora largamente utilizzato il processo progettuale secondo il quale le scelte di cantierizzazione sono la diretta conseguenza delle scelte tecniche; si delinea così una sequenza temporale nella quale il progetto strutturale precede quello di cantierizzazione. Ma se questo, nella pratica professionale, potrebbe essere in alcuni casi accettato non generando aumenti sproporzionati dei costi di intervento, non può invece essere accettato nel caso di sistemi di edifici complessi nei quali le variabili in gioco aumentano in modo incontrollato.

In questi casi un approccio possibile è quello di fornire al progettista uno strumento in grado di gestire contemporaneamente tutte le possibili variabili.

Talvolta può dover assumere maggiore importanza l'impatto estetico dell'intervento o del cantiere rispetto ai tempi e ai costi di realizzazione.

È stato proprio questo l'obiettivo del presente lavoro: creare un processo logico, dotato di strumenti propri, che permettesse al progettista di studiare

strategies.

Very often, especially in public structures, might become more important the management strategy than that the technique one. For example in the case of hospitals, the best solution is often the one that involves management rather than technical action, sure enough a technical choice might change the building occupancy or section plants or intervene in operating theatres, generating an uncontrolled increase in costs or even a total non-buildable intervention.

Furthermore, is still widely used the design process in which the construction site choices are a direct consequence of the technical choices, with the result that structural design temporally precedes construction site design.

If this might be acceptable in the case of small buildings, it is not acceptable in the case of systems of complex buildings where a lot of variables have to be considered.

Therefore, a possible approach is to provide the designer with a tool useful to manage all the possible variables.

Sometimes visual aspect of the building or of the construction site may be more relevant than time and costs.

For these reasons, the principal aim of the presented work was to produce a logical process, with their tools, able to guide the designer in examining simultaneously both technical alternatives and management alternatives.

The proposed logical process is based on the idea to consider, since the beginning, the final retrofit design as the combination of two compatible alternatives: the technical one and the management one with the possibility, for the designer, to shape the method depending on his



parallelamente una serie di soluzioni tecniche e gestionali compatibili con la struttura in esame, arrivando a poter scegliere, tra tutte, quelle che più soddisfano i suoi obiettivi.

È stato pertanto implementato un processo decisionale, con una struttura logica fondata sull'idea di considerare fin dall'inizio la soluzione progettuale finale come la combinazione di due alternative compatibili, una tecnica e una di cantierizzazione, dando la possibilità al progettista di plasmare il metodo, in alcuni passi, alle proprie esigenze e al suo livello di esperienza.

Fin dalle prime battute è sembrato ragionevole dotare il processo di strumenti matematici per le decisioni e, a seguito di una analisi bibliografica, è stata posta l'attenzione sui metodi MCDM. Tra di essi sono stati selezionati quelli che apparivano più utili a raggiungere gli obiettivi del processo e, questi ultimi, sono stati inseriti in una struttura logica –appositamente progettata- composta da fasi di analisi, fasi di scelta e fasi di controllo.

Il lavoro svolto ci ha condotto alla scelta di approfondire questo filone di ricerca ponendoci l'obiettivo di implementare un processo decisionale di più ampio respiro che permetta di collegare diversi strumenti di gestione della costruzione, di analisi dei processi nonché di valutazione dei rischi di costruzione.

requirements and his level of experience. MCDM methods have been used like mathematical model for decision support. Some of them have been selected and integrated in a logical structure – specifically designed- composed by analysis steps, selection steps and control steps.

At the end of the work we decided to go deeper in this research field. The aim will be to investigate for a broader decision process useful to connect several tool of construction management, risk analysis and project management for complex projects.

## 6. References

1. Francis, V.E., Mehrrens, V.M., Sidwell, A.C., McGeorge, W.D., “Constructability Strategy for Improved Project Performance”, *Architectural Science Review*, (1999).
2. Thermou, G.E., Elnashai, A.S., “Report about SPEAR Project Performance Parameters and Criteria for Assessment and Rehabilitation”, A.S., I.C. of Science, Technology and Medicine, (2002).
3. Hendrickson, C. and T. Au., (1989), *Project Management for Construction*, Prentice-Hall, Pittsburg.
4. Capone, P., “Constructability and Safety Assessment Design Approach”, *IN\_BO. Ricerche e progetti per il territorio la città e l’architettura*, (2013).
5. ATC-40, Applied Technology Council, (1996), *Seismic evaluation and retrofit of Concrete buildings*, Redwood City, California, USA
6. Caterino, N., Iervolino, I., Manfredi, G., Cosenza, E., “Comparative Analysis of Multi-Criteria Decision-Making Methods for Seismic Structural Retrofitting”, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, Vol. 24, pp. 432-445, (2009).
7. Chen, S.J., Hwang, C.L., “Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications”, *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, Springer-Verlag, Berlin, Germany, (1991).
8. Zimmermann, H.J., (1996), *Fuzzy Set Theory and Its Applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston, USA.
9. Saaty, T.L., (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
10. Saaty, T.L., (1999), *Decision making for leaders : the Analytic Hierarchy Process for decision in a complex world*, RWS Publications, Pittsburgh, PA., USA.
11. Project Management Institute, (2013) *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*, Newtown Square, Pennsylvania.
12. Eugenio, P., Victor, Y., Josè, T., Helder, M., Joaquin, C., (2013), *Construction Management*, John Wiley & Sons, New York.
13. Pulaski, M.H., Horman, M.J., “Organizing Constructability knowledge for Design”, *Journal of Construction Engineering and Management*, pp. 911-919, (2005)
14. Vercellis, C., (2006), *Modelli e Decisioni*, McGraw-Hill, Milano.
15. Vercellis, C., (2008), *Ottimizzazione. Teoria, metodi, applicazioni*, McGraw-Hill, Milano
16. Norma UNI 10722-2, *Qualificazione e controllo del progetto edilizio-Definizione del programma d’intervento-Qualità di un intervento edilizio*.
17. Construction Industry Institute Australia, CII Australia, (1996), “Constructability Manual”, CII Australia, Australia.