

Essays & Viewpoint

architecture

BIM E PRATICHE COLLABORATIVE ABILITÀ E COMPETENZE PER L'AMBIENTE DIGITALE

BIM AND COLLABORATIVE PRACTICES EXPERTISE AND SKILLS FOR THE DIGITAL ENVIRONMENT

Maria Antonietta Esposito^a, Alessandra Donato^b, Filippo Bosi^c

ABSTRACT

La gestione digitale del processo delle costruzioni è richiesta per la sostenibilità, impone la definizione di nuovi ruoli e responsabilità e, di conseguenza, rende necessaria l'introduzione di nuove figure professionali che siano in grado di assolvere compiti e funzioni, organizzative e gestionali, specifiche nell'ambito della gestione del processo BIM. Il presente contributo intende offrire uno spunto di riflessione sulle competenze trasversali e abilità digitali (soft skills) richieste a queste figure professionali sulla base di un'analisi critica degli esempi riportati in letteratura, delle esperienze e dei cambiamenti innescati dall'adozione della metodologia BIM rispetto alle nuove attività, conoscenze, competenze, ruoli e responsabilità riferite alla figura del professionista.

The digital management of the construction process is required for sustainability. It imposes the definition of new roles and responsibilities and – consequently – makes it necessary to introduce new professional figures that are able to perform specific organizational and management tasks and functions in the scope of BIM process management. The contribution offers food for thought on the transversal and digital skills (soft skills) required by these professional figures on the basis of a critical analysis of examples reported in the literature, experiences and changes triggered by the adoption of the BIM methodology with respect to new activities, knowledge, skills, roles and responsibilities related to the professional figure.

KEYWORDS

building information modeling, sostenibilità, lean BIM, competenze trasversali, pratica collaborativa

building information modelling, sustainability, lean BIM, soft skills, collaborative practices

Il recente dibattito sull'importanza della pratica collaborativa e sullo sviluppo delle metodologie BIM, se da un lato ha prodotto rapide trasformazioni nel mercato delle costruzioni, determinando un forte impulso all'innovazione nel settore AECO e aumentando la competitività del settore produttivo, dall'altro richiede figure professionali sempre più specializzate con competenze e capacità trasversali in diversi ambiti disciplinari (architettonico, energetico, strutturale, ecc.). Lo scenario definito in Europa per le costruzioni, leader globale per la sostenibilità, è definito da una serie di direttive¹ che hanno creato un quadro di riferimento politico e normativo per tutti i settori industriali nei paesi membri che a loro volta hanno via via recepito. A tale scopo è necessario introdurre metodi e strumenti di progettazione integrata di tipo multidisciplinare: ciò richiede una maggiore attenzione alle competenze da impiegare nel processo di progettazione e produzione, coinvolgendo i diversi operatori, pubblici e privati, committenti, progettisti, costruttori, produttori e fornitori di materiali lungo l'intera filiera.

L'integrazione delle metodologie BIM con gli aspetti legati alla progettazione ambientale ed energetica esprime un potenziale elevato. Solo recentemente l'industria delle costruzioni ha iniziato a comprendere quali siano le opportunità offerte dall'uso della tecnologia BIM in numerosi ambiti di applicazione. Ad esempio è possibile effettuare analisi energetiche integrate sul modello parametrico dell'edificio, integrare risultati Life Cycle Assessment² (LCA) dei sistemi e componenti e Life Cycle Costing³ (LCC) per la valutazione delle alternative in fase di pianificazione dell'intervento, oppure di certificazione secondo vari protocolli LEED, BREAM, ITACA, ecc. (Eleftheriadis et alii, 2017). Infatti, in passato i processi decisionali e le strategie di risparmio energetico legati alla progettazione di un'opera erano focalizzati maggiormente sulla fase di esecuzione e sulla fase d'uso dell'edificio, trascurando gli impatti determinati nel ciclo di manutenzione, ristrutturazione e dismissione dell'opera.

Recentemente, con l'introduzione di standard progressivamente più elevati in Europa per la realizzazione di edifici a energia quasi zero (c.d. nZEB) e la definizione dei Criteri Ambientali Minimi per il settore dell'edilizia (DM 11 gennaio 2017) in Italia, l'attenzione si è estesa all'intero ciclo di vita dell'opera. Nell'ottica di una comples-

siva riduzione degli impatti ambientali di un'opera, è fondamentale prendere in considerazione l'impatto dei gas serra (GHG) e il contenuto di energia incorporata per l'estrazione e la lavorazione di materiali da costruzione e per i processi produttivi di componenti, sistemi tecnologici e impiantistici utilizzati (Diaz et alii, 2014). In questo contesto, il Building Information Modeling (BIM) rappresenta un possibile canale con valenza evolutiva sul piano culturale, di diffusione e condivisione degli strumenti di valutazione della sostenibilità non solo ambientale, ma anche economica e sociale, tra le amministrazioni e gli operatori coinvolti con vari ruoli riferiti al processo edilizio. Data la complessità e il numero elevato di contenuti informativi di diversa natura che afferiscono al processo progettuale, il BIM supera l'approccio descrittivo-oggettuale basato sul disegno CAD – che utilizza tre dimensioni per descrivere la geometria del progetto – adottando nuove modalità descrittive nello spazio digitale multidimensionale riferibili a 'n' dimensioni e a set di dati multimediali e alfanumerici che possono includere aspetti come il tempo, gli aspetti finanziari, ecc. (Fig. 1).

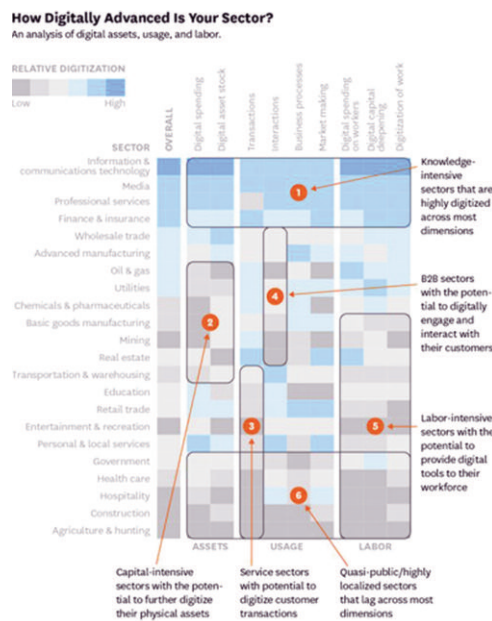
La settima dimensione del BIM (BIM 7D) in particolare riguarda l'Asset Management, ossia la gestione dei cespiti esistenti, e la sostenibilità (ambientale, economica e sociale), ed è appunto utilizzata per ottimizzare la gestione operativa e la manutenzione dell'edificio durante il ciclo di servizio, eventualmente rinnovato, e delle sue componenti lungo tutto il ciclo di vita, integrando gli aspetti ambientali ed energetici. Il BIM è una piattaforma che contiene tutte le informazioni rilevanti e derivate da vari modelli specialistici ai fini costruttivi, gestionali e manutentivi, siano esse di tipo geometrico o descrittivo – relativamente a tutti gli ambiti che interessano l'opera – componenti, strutture, impianti, materiali ecc. Il BIM esprime un enorme potenziale in termini di tracciabilità ed efficientamento di tutte le operazioni e degli aspetti legati alla progettazione, costruzione, gestione e manutenzione dell'edificio, essendo in grado di agevolare l'individuazione di eventuali criticità e di supportare in maniera più efficace analisi e processi decisionali, rendendo più efficienti ed economici i processi tipici della gestione del progetto e dell'Asset Management.

Considerando il processo di interazione tra edificio e ambiente nei cicli di servizio che si susseguono fino al completamento del ciclo di vita



Fig. 1 - Seven BIM dimensions (credit: accasoftware).

Fig. 2 - Digital advancement by sector (credit: HBR.org).



l'innovazione e la digitalizzazione. Il settore delle costruzioni rientra anche in Italia, come abbiamo visto dai dati internazionali, tra quei settori dell'industria tradizionale in cui si registra una propensione all'innovazione digitale inferiore alla media del comparto manifatturiero e un basso livello di digitalizzazione. Lo stesso documento riporta un'analisi dei profili digitali delle imprese suddivisi per settore di attività economica per l'anno 2017 (Fig. 7) da cui emerge che il settore delle costruzioni si colloca in seconda posizione – solo dopo l'industria della pelle – per il maggior numero di imprese a 'bassa digitalizzazione', con poco meno del 20% delle imprese considerate a 'media digitalizzazione' e un'esigua percentuale di imprese del settore costruzioni considerate ad 'alta digitalizzazione'.

Nel nostro Paese l'interesse per le tecnologie BIM, già ampiamente diffuse in ambito internazionale, è cresciuto in modo esponenziale negli ultimi anni determinando un aumento della domanda di figure professionali specifiche esperte in BIM sia da parte di grandi società e committenti privati, sia sul fronte delle opere pubbliche con l'entrata in vigore del DLgs 50/2016 (Nuovo codice degli appalti) e del DM 560/2017 mirato alla digitalizzazione e volto a favorirne l'adozione progressiva anche per i lavori pubblici. Tuttavia, nonostante la spinta determinata dall'introduzione di provvedimenti normativi (art. 3 del DM 560/17) che ne promuovono l'uso sulla base di precise precondizioni organizzative e soglie di investimento per le opere, la transizione verso la digitalizzazione dei processi nel settore delle costruzioni non può essere un'operazione immediata in Italia. Il gap italiano rispetto ai partner europei è evidenziato nei dati europei (Eurostat, 2018; Fig. 8).

Lean BIM: Ottimizzazione del lavoro e Model Collaboration Systems (MCS) – La asincronia tra l'avvio, a gennaio 2019, delle scadenze temporali previste dal DM 560/2017 e il processo di trasformazione richiesto per la digitalizzazione del settore delle costruzioni, che è in grave ritardo, rischia di limitare in via preventiva le nuove prospettive di innovazione del sistema, perché non si è affrontata in modo sistemico: a) la formazione delle competenze; b) la ri-organizzazione dei processi; c) il divario tecnologico-digitale, solo timidamente affrontato con un primo programma di incentivi pubblici (Industria 4.0, 2017; Fig. 9). Il rischio risiede nell'assenza di una precisa strategia di indirizzo e coordinamento, per esempio definendo Piani strategici a lungo termine (almeno decennali), che orienti il Piano Industriale a medio termine di livello nazionale come avvenuto in altri paesi Europei. Inoltre è evidente il gap culturale nell'affrontare la problematica della digitalizzazione in generale e del BIM nelle costruzioni in particolare.

Il plusvalore che la metodologia BIM può generare, sostanzialmente banalizzato in un mero aumento della produttività ed efficienza del lavoro, non è tuttavia conseguibile se non sulla base di modelli condivisi e collaborativi (aspetti distinti che spesso sono confusi) che consentano una comunicazione aperta e interoperabile sia nel gruppo di progetto che con le parti interessate esterne. Primi fra tutti i professionisti delle diverse discipline tecniche, finanziarie e legali che popolano lo scenario del settore. Dunque, se da un lato diviene determinante poter contare su standard di riferimento di

del cespite o dell'asset, e soprattutto considerando la multidimensionalità del problema, è possibile osservare come la fase di gestione e manutenzione sia quella con maggiore incidenza sui costi complessivi dell'opera. È chiaro dunque come l'individuazione delle scelte di gestione dei cespiti, in un'ottica di ottimizzazione delle risorse disponibili, necessiti di un'analisi accurata dei costi del ciclo di vita eseguita sulla base di dati realistici e attendibili, così come di metodi per dare sistematicità e ordine a tali informazioni. Il BIM 7D rappresenta uno strumento efficace a tale scopo, offrendo la possibilità di simulare ex ante scenari diversi finalizzati a scelte coerenti con gli obiettivi di sostenibilità ambientale, economica e sociale, di migliorare la qualità del risultato finale e di contrarre i costi complessivi.

Digitalizzazione nelle Costruzioni – In Italia l'industria delle costruzioni sta attraversando una fase di profonda crisi che dovrà portare a una trasformazione in gran parte spinta dalla diffusione delle tecnologie digitali, e in particolare del BIM, da tempo applicate per l'innovazione dei processi di produzione di altri comparti industriali per i quali il legame fra propensione all'innovazione e grado di digitalizzazione è più rilevante (elettronica, automobilistico, R&S, Tlc). Con riferimento al panorama internazionale, l'Harvard Business Review (HBR) evidenzia il grave ritardo del settore costruzioni nel recupero di produttività e capacità di innovazione rispetto agli altri settori, con un gap che la crisi economica dell'ultimo decennio ha accentuato (Gandhi et alii, 2016). Infatti le costruzioni sono al penultimo posto del ranking precedendo solo l'agricoltura nel processo di digitalizzazione (Fig. 2); anche la Pubblica Amministrazione, alla quale il settore è strettamente collegato, figura nelle ultime posizioni dell'indagine HBR.

Il report di ricerca di McKinsey & Company (Manyika et alii, 2015) sulla digitalizzazione negli USA mostra che l'automazione ha provocato un'accelerazione pari a due volte il tasso di espulsione dal mercato del lavoro dei lavoratori a media qualificazione digitale (Fig. 3). La timeline dell'evoluzione digitale illustra come il focus sul singolo sistema è superato dai fatti: già oggi la di-

gitalizzazione è orientata allo sfruttamento del giacimento dei big data – nuovo petrolio dell'economia – e all'interazione tra gli apparati fisici (Fig. 4). In sostanza ondate successive di innovazioni digitali hanno strutturato una economia digitale. L'economia basata sul digitale genera in USA il 17% dei guadagni, ma sfrutta solo il 18% del suo potenziale: secondo la ricerca (Manyika et alii, 2015) l'economia digitale sarà semplicemente la futura economia. Le industrie digitalizzano vari aspetti: la massimizzazione del digitale coincide con l'aumento della creazione del valore (Fig. 5). Infatti la crescita dei salari dal 1997 al 2014 vede le costruzioni al quart'ultimo posto, e i salari più alti sono offerti nelle industrie a più alta penetrazione del digitale. Segno che queste industrie creano più valore pro-capite.

Riguardo al tema delle competenze digitali la ricerca americana (Manyika et alii, 2015, pp. 70, 71) pone di fronte a una prospettiva rinnovata secondo cui le industrie del futuro dovranno riconsiderare strategicamente il potenziale rappresentato dalle risorse umane. Oggi le industrie che creano più valore sono quelle che girano intorno alle idee, le innovazioni, la ricerca, e le competenze, in considerazione del fatto che dispongono di talenti dotati di creatività e competenze digitali adeguate; questo tipo di industrie crea anche all'esterno un indotto dotato di un alto grado di capacità digitali (digital fluency), tuttavia difficili da reperire. Per completare il quadro, va notato anche come la classifica del sistema pubblico risenta dell'accelerazione digitale (Manyika et alii, 2015): l'Italia è al 26° posto in generale – dopo Spagna e Portogallo – e al 31° per il settore business tra le 100 nazioni avanzate rispetto al digitale (Fig. 6). Un collegamento tra l'attuale situazione economica italiana, che evidenzia una tendenza recessiva, e i dati sulla fuga dei cervelli sarebbe da approfondire analiticamente.

Riferendoci al panorama nazionale, secondo quanto riportato nel 'Rapporto sulla competitività dei settori produttivi 2018 dell'ISTAT', da un'analisi sulle caratteristiche dei processi produttivi in termini tecnologici e organizzativi e dei mercati di riferimento, sembrerebbe emergere una forte segmentazione settoriale dei comportamenti verso

processo (UNI EN ISO 9000, ISO 21500, UNI 11337-4, ecc.) e protocolli condivisi per la gestione e modellazione dei flussi informativi del prodotto all'interno dei processi digitalizzati (UNI 11337-5), altrettanto rilevante è il fatto che siano ben individuate le figure professionali che intervengono nel processo BIM e i loro ruoli (UNI 11337-7). La questione da porre è se tali figure siano semplicemente da certificare come up-grade di quelle tradizionali, di area tecnica, o se probabilmente non debbano essere figure nuove, esito di percorsi formativi innovativi e coerenti con l'economia digitale come indicato dai trend globali.

La produzione e la gestione digitale dei contenuti informativi relativi all'intero ciclo di vita di un'opera risulta fondamentale all'interno del processo delle opere. Il Building Information Modeling è una tecnologia trasformativa (Sacks et alii, 2010) che abilita il processo di gestione condivisa delle informazioni basato sull'interoperabilità delle informazioni da parte di tutti i soggetti, abilitati a vari livelli, coinvolti nel processo attraverso la sequenza di programmazione strategica, progettazione, produzione e messa in esercizio dell'opera stessa. Dunque, al fine di garantire l'efficacia e l'efficienza del processo occorre realizzare un ambiente di lavoro collaborativo attraverso l'integrazione tra le varie discipline che concorrono alla definizione di un'opera e il coordinamento delle scelte di ogni singolo operatore coinvolto all'intero processo (Zhao et alii, 2015). Tale aspetto è sottolineato dall'approccio Lean Thinking che sottende metodologicamente la dimensione socio-tecnica collaborativa basata su modelli non conflittuali di tipo 'win-win' di alleanza tra le parti interessate del progetto. Una vera rivoluzione se confrontata con la tradizionale conflittualità del settore costruzioni. La gestione digitale del processo delle costruzioni richiede la definizione di nuovi ruoli e responsabilità e, di conseguenza, rende necessaria l'introduzione di nuove figure professionali. A tale scopo, diventa necessario favorire e garantire percorsi di formazione e di adeguamento delle competenze per figure professionali qualificate e trasversali, che siano in grado di assolvere compiti e funzioni organizzative e gestionali specifiche nell'ambito della gestione del processo BIM.

Interazione tra i ruoli dell'ambiente di progetto digitalizzato Lean, BIM e Soft Skill – Le competenze BIM individuali direttamente utilizzabili ai fini produttivi, se applicate ai profili digitali richiesti nell'industria delle costruzioni, possono avere sia natura generica (competenze generiche), poiché si riferiscono ad abilità prettamente informatiche mirate ad attività di modellizzazione, sia natura speci-

fica (competenze complesse), atte a istaurare collaborazione e integrazione nell'ambito del processo edilizio, come le capacità tecnico-progettuali richieste per lo svolgimento di attività complesse intraprese durante la collaborazione multidisciplinare con riferimento a una pluralità di ambiti e specialità richiesti dal progetto. Un approccio integrato alla valutazione, acquisizione e applicazione delle competenze BIM sviluppato da Succar et alii (2013) ha consentito di chiarire e descrivere sia le competenze generiche che quelle specifiche secondo una tassonomia ad hoc e ha anche permesso di catalogarle e raggrupparle in un inventario per generare strumenti flessibili ai fini della valutazione e del miglioramento del processo digitale. D'altra parte, la formazione sulle competenze dei partecipanti al progetto si sta spostando dai modelli tradizionali (es. lezioni frontali, esami di profitto) verso modelli educativi più vicini alle Practices dell'industria, come l'insegnamento per affiancamento (On-the-job training), la promozione del pensiero critico attraverso esperimenti interattivi (Figg. 10-12) e in generale una formazione più incentrata sulla figura dello studente e sul suo rapporto con il formatore (Kpamma et alii, 2014).

Prendendo in considerazione le interazioni tra le due metodologie e tecnologie trasformativa dominante Lean e BIM (Sacks et alii, 2010) è evidente come per integrare con successo le metodologie BIM in una organizzazione di progetto risulti necessario sia implementare le Hard Skill (es: ingegnerizzazione dei processi di progetto, condivisione appropriata delle informazioni di progetto, rispetto degli standard e utilizzo delle tecnologie di Virtual Design and Construction) che le Soft Skill – promosse dal Lean Mindset e dalle Scienze Sociali applicate alla Design Research – quali il rispetto degli altri partecipanti al progetto, la condivisione delle conoscenze e non solo di 'pacchetti informativi' e, più in generale, l'applicazione dei principi Lean alle pratiche comuni (Santorella, 2011; Rybkowski et alii, 2013; Mossman, 2015).

L'integrazione del BIM deve essere accompagnata da un processo di miglioramento del gruppo di progetto – ovvero un riallineamento dei tre pilastri Tecnologie, Persone, Processi – mitigando progressivamente carenze nella struttura organizzativa, attribuzione ruoli, conflitti interpersonali tra le parti interessate e più generalmente tutte quelle pratiche diffuse e comportamenti che possano inficiare la produttività dell'organizzazione di progetto, causando di conseguenza sprechi di risorse (ore/uomo) a causa di errori o ri-lavorazione delle informazioni di progetto. Applicare i principi Lean a supporto delle tecnologie BIM può aiutare ad affrontare problematiche relative

alla produttività del processo di progetto, integrando, a livello strategico e di pianificazione delle attività, Soft Skill comportamentali mirate all'ottimizzazione dei singoli processi (Santorella, 2011; Bosi, 2016). Le convergenze tra BIM, Lean e Soft Skill utili all'organizzazione di progetto sono individuate nella Tabella 1.

La Tabella 1 è stata redatta tenendo conto della definizione, task e responsabilità descritte nella normativa UNI 11337-7:2018 con riferimento ai ruoli di BIM Manager, BIM Coordinator, BIM Specialist e Common Data Environment Manager. Requisiti, compiti e responsabilità sono stati inseriti in una matrice 4x3 riportante nelle righe i quattro ruoli designati dalla normativa e nelle prime tre colonne i pilastri del Lean Mindset individuati da Aziz e Hafez (2013), sulla base delle ricerche seminali in campo Lean Mindset e delle relative applicazioni Industriali (Ohno, 1988; Howell, 1999; Womack and Jones, 2003; Shah and Ward, 2007). Con la Tabella 1 si offre per ogni ruolo una prima scrematura dei requisiti in termini di Soft Skill utili per l'operatività con metodologie BIM individuate da Succar et alii (2013). In questa matrice, le due tecnologie trasformativa Lean e BIM vengono relazionate ai ruoli definiti. Il processo di progetto è un processo knowledge-intensive basato sulle informazioni generate per il modello BIM e dal modello BIM: sfruttando il potere trasformativo del Lean Mindset è possibile contribuire a una maggiore integrazione delle informazioni di progetto (Bosi, 2016). Sulla base dei Reami di Intersezione individuati nella letteratura tra Lean, BIM e Soft Skill (Sacks, 2010; Kpamma et alii, 2014; Mossman, 2015; Bosi, 2016), nell'ultima colonna sono stati evidenziati dei campi di convergenza proposti tra Lean, BIM e BIM-aimed Soft Skills.

Conclusioni – Il BIM è collocato nello scenario del progetto multidimensionale, da un lato come offerta di una piattaforma tecnologica dall'altro come driver per una riorganizzazione dei processi del settore imponendo di fatto nuovo figure non necessariamente dell'area tecnica, ma sicuramente 'digital fluent'. Infatti, la domanda di sostenibilità sociale, economica e ambientale ha definito in Europa un contesto innovativo che impone ai progetti requisiti che aumentano la complessità delle opzioni da valutare sia da parte dei tecnici che da parte di investitori e committenti. In particolare, l'obiettivo nZEB delle politiche europee è la punta più avanzata di maturazione di un processo di definizione della nuova domanda di mercato per costruzioni che ottengano livelli di qualità certificabili. Le ricerche illustrate e in corso da parte degli autori evidenziano che la presenza di compe-

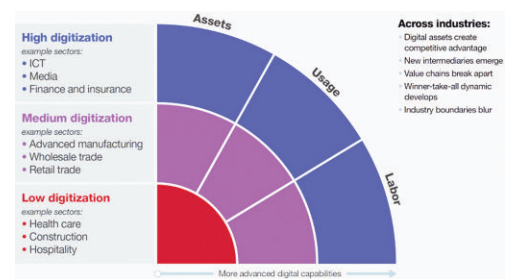
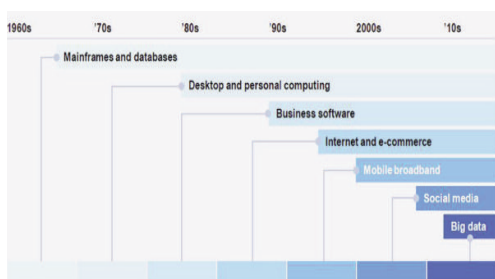
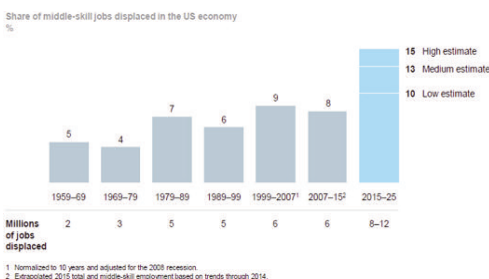


Fig. 3-5 - Automation could accelerate the displacement of middle-skill jobs to nearly twice the rate of recent decades; Successive waves of innovation in the US digital economy; Digital capabilities across industries (credits: McKinsey & Company, 2015).

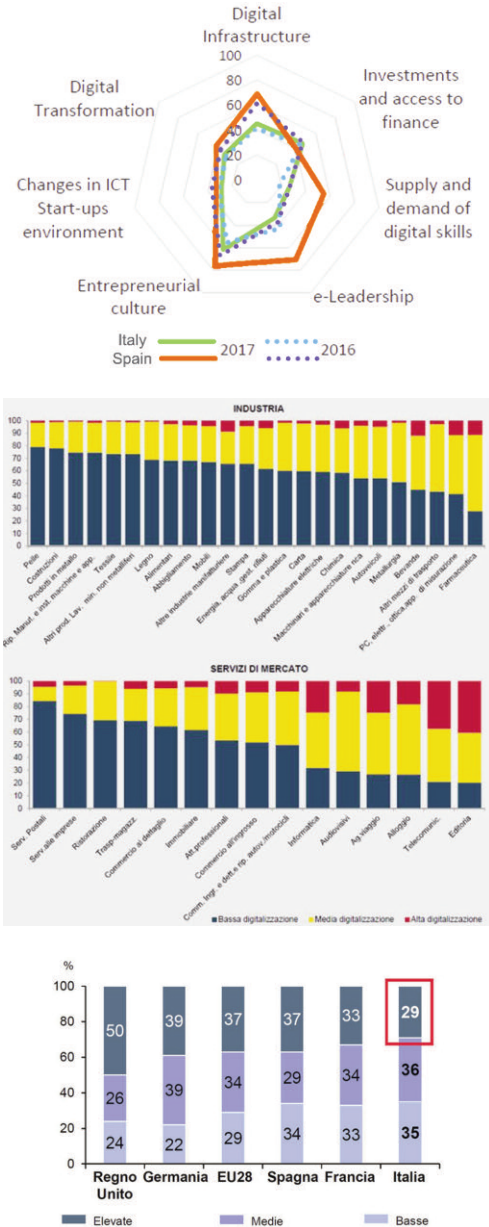


Fig. 6 - Different framework conditions for digital transformation, Italy and Spain (credit: Eurostat, 2018).

Fig. 7 - Digital profiles of companies by sector of economic activity (credit: ISTAT, 2017).

Fig. 8 - Digital skills to be filled: digital skills distribution across the workforce, employed or unemployed, 2016 (credit: Piano Nazionale Impresa 4.0).

tenze adeguate, nell’ambito di una appropriata riorganizzazione dei processi, è richiesta per creare valore tramite le piattaforme digitali e appare critica per il compimento della transizione tecnologica, in particolare nel settore delle costruzioni. Il ruolo di Educazione e Formazione si delinea come un fattore critico di successo per la competitività dell’industria, come evidenziato dalle politiche europee e dai Piani Nazionali.

Il BIM ha spinto alla definizione di Soft Skills specifiche che andranno a popolare il settore costruzioni forse più probabilmente in affiancamento, data la loro caratterizzazione manageriale e informatica, che non a integrazione delle competenze tecniche tradizionali. La normativa tecnica italiana offre ampi spunti di personalizzazione per la progettazione organizzativa e per la definizione dei nuovi processi di lavoro ad hoc sia della commit-

tenza che dei fornitori di servizi ed opere BIM. Il metodo da applicare richiede di focalizzare su tre elementi base: Personale, Competenze, Tecnologia.

Le implicazioni culturali e pratiche di questo saggio suggeriscono di migliorare le conoscenze e competenze indispensabili per promuovere la comunicazione, limitando gli sprechi e aumentando la produttività nell’ambiente di progetto. L’evoluzione durante l’integrazione delle tecnologie trasformative al processo edilizio non è semplice, ma non rispondere alle richieste della transizione al digitale con un’adeguata formazione e istruzione potrebbe comportare la perdita di ruolo per alcuni dei professionisti del gruppo di progetto, in quanto non sufficientemente adattati all’ambiente di progettazione digitale condiviso delle Virtual Design and Construction Technologies. Il BIM deve essere uno sforzo di squadra: un componente del gruppo di progetto senza le Soft Skills adatte alla collaborazione può compromettere gli sforzi dell’intera organizzazione.

ENGLISH

The recent debate on the importance of collaborative practices and on the development of BIM methodologies on the one hand it has produced rapid transformations in the construction market, determining a strong impulse to innovation in the AECO sector and increasing the competitiveness of the productive sector. On the other requires increasingly specialized professional figures with transversal skills and abilities in different disciplines, e.g. Architecture, Energy Engineering, Structural Engineering, etc. The scenario defined in Europe for construction, a global leader for sustainability, is defined by a series of directives¹ that have created a political and regulatory reference framework for all industrial sectors in member countries that have gradually incorporated it. For this purpose, it is necessary to introduce integrated multidisciplinary methods and design tools. This requires greater attention to the skills to be adopted in the design and production process, involving the different public and private operators, contractors, designers, builders, manufacturers and suppliers of materials along the entire chain.

The integration of BIM methodologies in relation to environmental and energy design expresses a high potential. Only recently the construction industry has begun to understand the opportunities offered by the use of BIM technology in numerous areas of application. For example it is possible to carry out integrated energy analysis by the building’s parametric models, or to integrate Life Cycle Assessment² (LCA) results of the systems and components and Life Cycle Costing³ (LCC) analysis for the evaluation of alternatives in the intervention planning phase, or obtaining a certification according to protocols such as LEED, BREAM, ITACA, etc. (Eleftheriadis et alii, 2017). In fact, in the past the decision-making processes and energy saving strategies related to the design of work were more focused on the execution phase and on the use phase of the project, neglecting the impacts determined in the maintenance, restructuring and disposal cycle of the building.

Recently, because the introduction of progressively higher standards in Europe for the construction of almost zero-energy buildings (so-called nZEB) and by the definition of the Minimum Environmental Criteria for the building sector (Minis-

terial Decree 11 January 2017) in Italy, the attention has been extended to the entire life cycle of the building. In view of an overall reduction of the environmental impact, it is fundamental to take into consideration the GHG (Green House Gases) impact and the incorporated energy content for the extraction and processing of building materials and for the production processes of the selected components, technologies and MEP systems (Diaz et alii, 2014). In this context, the Building Information Modeling (BIM) represents a possible channel with an evolutionary value of dissemination on the cultural level and sharing of the assessment tools. These are not only environmental but also economic and social sustainability assessment, within the project stakeholders involved with various roles related to the building process. Given the complexity and the high number of informative contents of different nature that pertain to the design process, BIM overcomes the descriptive-object approach of CAD drawings, which uses three dimensions to describe the geometry of the project. It adopts new descriptive modalities in the multidimensional digital data space concerning ‘n’ dimensions and to multimedia and alphanumeric datasets that can include aspects such as time, costs, etc. (Fig. 1).

The seventh dimension of BIM (BIM 7D) in particular regards management – i.e. the management of existing assets – and (environmental, economic and social) sustainability. It is used to optimize operational management and maintenance of the building during the service cycle – possibly renewed – and its components throughout the life cycle, integrating environmental and energy aspects. BIM is a platform that contains relevant information from various specialist models for constructive, management and maintenance purposes, whether they are of geometric or descriptive nature – relative to all areas that affect the building – components, structures, systems, materials, etc. BIM expresses an enormous potential in terms of traceability and efficiency of all operations and aspects related to the design, construction, management and maintenance of the building, being able to facilitate the identification of any critical issues and to support more effectively analysis and decision-making processes, making cheaper and more efficient the typical processes of project and asset management.

Considering the process of interaction between buildings and environment in the service cycles that follow one another until the end of the asset life cycle – and above all considering the multidimensionality of the problem – it is possible to observe how the management and maintenance phase is the one with greater impact on the overall costs of the work. It is therefore clear how the identification of the asset management choices, with a view to optimizing the resources available, requires an accurate analysis of life-cycle costs performed on the basis of realistic and reliable data, as well as methods for giving systematic control and order to such information. BIM 7D represents an effective tool for this purpose, offering the possibility of simulating ex-ante different scenarios aimed at choices consistent with the objectives of environmental, economic and social sustainability, of improving the quality of the final result and of reducing overall costs.

Digitization in Construction – In Italy the con-

struction industry is going through a phase of deep crisis that will have to lead to a transformation largely driven by the spread of digital technologies. This is particularly true for BIM, long applied for the innovation of the production processes of other industries for which the link between propensity to innovation and degree of digitization is more relevant (electronics, automotive, R&D, Tlc). With reference to the international scenario, the Harvard Business Review (HBR) highlights the serious delay of the Construction in the recovery of productivity and innovation capacity compared to other industries, with a gap that the economic crisis of the last decade has had accentuated (Gandhi et alii, 2016). In fact, the construction industry is in the penultimate place of the ranking just preceding the agriculture in the digitalization process (Fig. 2). The Public Administration, to which the sector is closely connected, also appears in the bottom rankings of the HBR survey.

The research report by McKinsey & Company (Manyika et alii, 2015) on digitization in the US shows that automation has accelerated twice the rate of expulsion from the labour market of workers with a medium digital qualification. The timeline of digital evolution illustrates how the separate focus on a single-system is overcome by facts: already today the digitalization is oriented to the exploitation of the big data field – new economy's fuel – and to the interaction between the physical apparatuses (Fig. 3). Essentially, successive waves of digital innovations have structured a digital economy (Fig. 4). The digital economy generates 17% of earnings in the US, but uses only 18% of its potential, according to research (Manyika et alii, 2015) digital economy will simply be the future economy. Industries digitize various aspects: the maximization of digital coincides with the increase in value creation (Fig. 5). In fact, the growth of wages from 1997 to 2014 sees Construction in the fourth place, and the highest wages are offered by the industries with higher digital penetration. A sign that such industries create more value per capita.

Regarding the issue of digital competences, American research (Manyika et alii, 2015, pp. 70, 71) faces a renewed perspective according to which the industries of the future will have to strategically reconsider the potential represented by human resources. Today the industries that create the most value are those that revolve around ideas, innovations, research, and skills – in view of the fact that they have talents with adequate creativity and digital skills. This type of industry also creates an external drive for those endowed with a high degree of digital capacity (digital fluency). However, finding these skills becoming more difficult. To complete the picture, it is noteworthy that the ranking of the public system (Manyika et alii, 2015) is affected by digital acceleration. This sees Italy in 26th place overall – after Spain and Portugal – and 31st for the business sector among the 100 most digitally advanced countries. A connection between the current Italian economic situation – which shows a recessive trend – and the data on brain drain should be analysed in detail (Fig. 6).

Referring to the national panorama, according to the 'Report on the competitiveness of the production sectors 2018 by the ISTAT', from an analysis on the characteristics of the productive processes in technological and organizational terms and

the reference markets, seems to emerge a strong sectoral segmentation of the behaviours towards innovation and digitalisation. As we have seen from international data, the construction sector is also included in Italy between those sectors of the traditional industry that have a lower than the average propensity to digital innovation among the manufacturing industries and a low level of digitization. The same document reports an analysis of the digital profiles of companies broken down by sector of economic activity for the year 2017 (Fig. 7) which shows that the construction sector ranks second – only behind the leather industry – for the largest number of 'low-digitization' companies, with just under 20% of the companies considered to be 'medium digitalisation' and a small percentage of companies in the construction sector considered to be 'highly digitized'.

In our country the interest in BIM technologies – already widespread internationally – has grown exponentially in recent years, determining an increase in the demand for specific professional figures experienced in BIM both by large companies and private clients, and on the front of public works with the Legislative Decree 50/2016 (New procurement code) and Ministerial Decree 560/2017 aimed at digitization and favoring its progressive adoption also for public works. However, despite the push determined by the introduction of regulatory measures (Article 3 of Ministerial Decree 560/17) that promote its use on the basis of precise organizational preconditions and investment thresholds for the works, the transition towards the digitalization of processes in the construction sector cannot be an immediate operation in Italy. The Italian gap with respect to European partners is highlighted in European data (Eurostat, 2018; Fig. 8).

Lean BIM: Work optimization and Model Collaboration Systems (MCS) – The asynchrony between the start in January 2019 of the deadlines imposed by Ministerial Decree 560/2017 and the transformation process required for the digitalization of the construction sector – which is seriously delayed – risks limiting the new innovation prospects of the system because it has not been addressed systemically: a) skills training; b) process re-organization; c) the technological-digital divide, only tentatively addressed with a first program of public incentives (Industry 4.0, 2017; Fig. 9). The risk lies in the absence of a precise strategy of guidance and coordination – for example, defining long-term strategic Plans (at least ten years) – which will guide the medium-term National Business Plan as occurred in other European countries. Furthermore, the cultural gap in tackling the problem of digitalisation in general and BIM in construction, in particular, is evident.

The added value that BIM methodology generates, basically trivialized in a mere increase in productivity and work efficiency, is however not achievable except on the basis of shared and collaborative models (distinct aspects that are often confused) that allow open and interoperable communication both in the project group and with external interested parties. This is particularly true for all the professionals of the various technical, financial and legal disciplines that populate the scene. Therefore, if on one hand it becomes crucial to be able to rely on process reference standards

(UNI EN ISO 9000, ISO 21500, UNI 11337-4, etc.) and shared protocols for the management and modelling of information flows of the product within the digitized processes (UNI 11337-5), the fact that the professional figures involved in the BIM process and their roles are well identified (UNI 11337-7) is equally important. The question to ask is whether these figures are simply to be certified as upgrades of the traditional technical ones or if they probably should be new figures, the outcome of innovative training courses consistent with the digital economy as indicated by global trends.

The production and digital management of information content related to the entire life cycle of a building are fundamental within the process. BIM is a transformative technology (Sacks et alii, 2010) that enables the process of shared information management based on the interoperability of information by all subjects, enabled at various levels, involved in the process through the programming sequence strategic, planning, production and commissioning of the work itself. Therefore, in order to guarantee the effectiveness and efficiency of the process, it is necessary to create a collaborative work environment through the integration between the various disciplines that contribute to the definition of work and the coordination of the choices of each individual involved operator (Zhao et alii, 2015). This aspect is underlined by the Lean Thinking approach which methodologically underlies the collaborative socio-technical dimension based on non-conflictual 'win-win' models of an alliance between project stakeholders. A real revo-

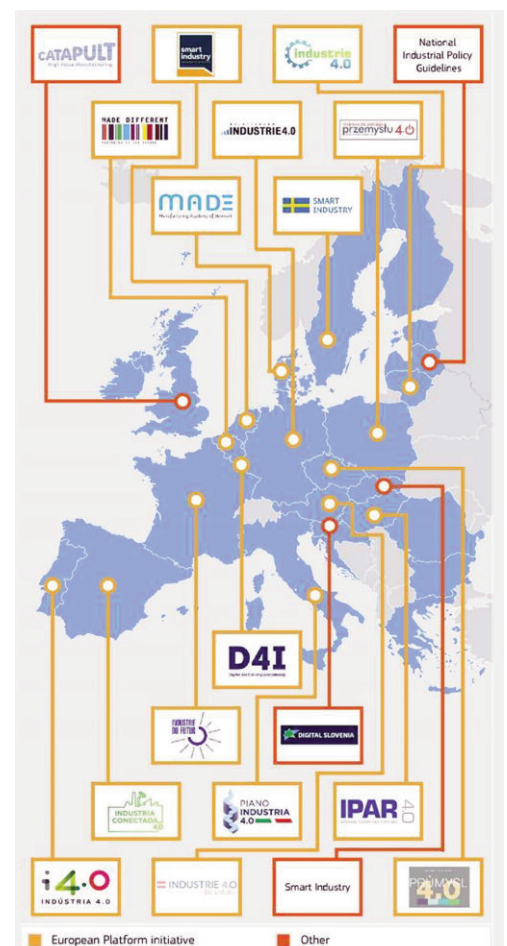


Fig. 9 - National digital transformation policies and programmes (credit: Eurostat, 2018).

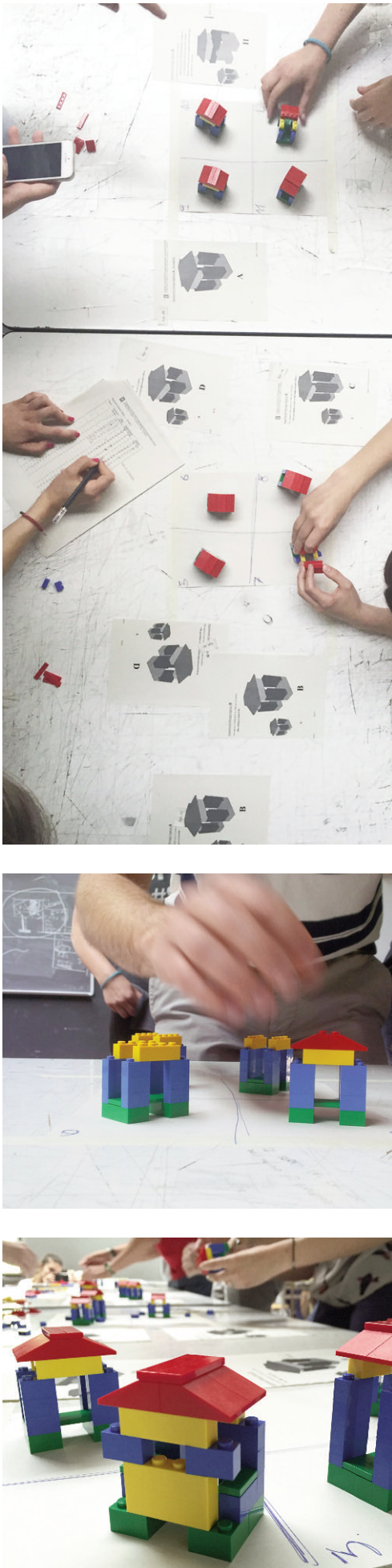


Fig. 10-12 - Training methods for collaborative teams (Leapcon© Play Role Game).

lution when compared with the traditional conflicts of the construction industry. Management of the construction process requires the definition of new roles and responsibilities and consequently makes it necessary to introduce new professional figures. To this purpose, it becomes necessary to foster and guarantee training and adaptation paths for qualified and transversal professional figures, who are able to perform specific organizational and managerial tasks and functions in the management of the BIM process.

Interaction between the roles of Lean, BIM and Soft Skill digital design environment – The individual BIM skills that can be used directly for production purposes – if applied to the digital profiles required in the construction industry – can have a generic nature (generic skills), since they refer to purely computer skills aimed at modelling activities, or specific nature (complex competencies), suitable for establishing collaboration and integration in the building process. For example, there are technical-design skills required for carrying out complex activities undertaken during the multidisciplinary collaboration with reference to a plurality of areas and specialities required by the project. An integrated approach to the evaluation, acquisition and application of BIM skills developed by Succar et alii (2013) has made it possible to clarify and describe both generic and specific competencies according to an ad hoc taxonomy and has also allowed to catalog and group them in an inventory for generate flexible tools for the evaluation and improvement of the digital process. On the other hand, training on the skills of project participants is shifting from traditional models (e.g. lectures, exams) to educational models closer to the practices of the industry, such as on-the-job training, promotion of critical thinking through interactive experiments (Fig. 10-12) and in general a more focused training on the figure of the student and his relationship with the trainer (Kpamma et alii, 2014).

Taking into account the interactions between Lean and BIM – the two dominant transformative methodologies and technologies (Sacks et alii, 2010) – it is evident that to successfully integrate BIM methodologies into a project organization it is necessary to implement both Hard Skills (e.g.: engineering of the project processes, appropriate sharing of project information, compliance with the standards and use of Virtual Design and Construction technologies) and Soft Skills promoted by Lean Mindset and Social Sciences applied to Design Research: respect for other project participants, sharing of the knowledge and not just ‘information packages’ and – generally speaking – the application of lean principles to common practices (Santorella, 2011; Rybkowski et alii, 2013; Mossman, 2015).

BIM integration must be accompanied by an improvement process of the project group – that is a realignment of the three pillars Technologies, People, Processes – progressively mitigating deficiencies in the organizational structure, attribution of roles, interpersonal conflicts between the interested parties and more generally all those widespread practices and behaviors that could affect the productivity of the project organization, consequently causing waste of resources (man-hours) due to errors or re-processing of the project information.

Applying Lean principles in support of BIM technologies helps to tackle problems related to design process productivity, integrating at the strategic level and in the planning of activities behavioural Soft Skills aimed at optimizing individual processes (Santorella, 2011; Bosi, 2016). The convergences between BIM, Lean and Soft Skill useful for project organization are identified in Tab. 1.

Tab. 1 was prepared to take into account the definition, tasks and responsibilities described in the UNI 11337-7:2018 regulation with reference to the roles of BIM Manager, BIM Coordinator, BIM Specialist and Common Data Environment Manager. Requirements, tasks and responsibilities were inserted in a 4x3 matrix showing in the rows the four roles designated by the legislation and in the first three columns the pillars of the Lean Mindset identified by Aziz and Hafez (2013), based on the seminal research in the field of Lean Mindset and its industrial applications (Ohno, 1988; Howell, 1999; Womack and Jones, 2003; Shah and Ward, 2007). Table 1 provides for each role a first screening of the requirements in terms of Soft Skills useful for operating with BIM methodologies identified by Succar et alii (2013). In this matrix, the two transformative technologies Lean and BIM are related to the defined roles. The design process is a knowledge-intensive process based on the information generated for the BIM model and the BIM model: by exploiting the transformative power of the Lean Mindset it is possible to contribute to greater integration of project information (Bosi, 2016). On the basis of the intersection realms identified in the literature between Lean, BIM and Soft Skill (Sacks, 2010; Kpamma et alii, 2014; Mossman, 2015; Bosi, 2016), the last column highlights the convergence fields proposed by Lean, BIM and BIM-aimed Soft Skills.

Conclusions – BIM is placed in the scenario of the multidimensional project on the one hand as an offer of a technological platform, on the other as a driver for a reorganization of the processes of the sector imposing, in fact, new figures not necessarily of the technical area, but certainly ‘digitally fluent’. In fact, the demand for social, economic and environmental sustainability has defined an innovative context in Europe that imposes requirements on projects that increase the complexity of the options to be evaluated both by technicians and by investors and clients. In particular, the nZEB objective of European policies is the most advanced point in maturing a process of defining the new market demand for buildings that achieve certifiable quality levels. The researches illustrated and in progress by the authors show that the presence of adequate skills, in the context of an appropriate reorganization of processes, is required to create value through digital platforms and appears critical for the completion of the technological transition in the construction industry. The role of Education and Training is outlined as a critical success factor for the competitiveness of the industry as highlighted by European policies and National Plans.

BIM has pushed to the definition of specific Soft Skills that will populate the construction sector perhaps more probably alongside – given their informative and managerial and IT characterization – rather than integrating traditional technical skills. The Italian technical legislation offers ex-

tensive ideas for customization for organizational design and for the definition of new ad-hoc work processes both for the client and for BIM services and works suppliers. The method to be applied requires focusing on three basic elements: Personnel, Skills, Technology. The cultural and practical implications of this essay suggest improving the knowledge and skills needed to promote communication, limiting waste and increasing productivity in the project environment. The evolution during the integration of the transformative technologies to the building process is not simple. Not responding to the demands of the transition to BIM with adequate training and education could lead to the loss of role for some of the professional in the project group, as they are not sufficiently adapted to the shared digital design environment of Virtual Design and Construction Technologies.

BIM must be a team effort: a member of the project group without the Soft Skills suitable for collaboration can compromise the efforts of the entire organization.

NOTES

1) See Directive 2018/844/EU; Directive 2012/27/EU on energy efficiency; Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings; Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources; European Directive 2014/24/EU on Public Procurement; Regulation (EU) No. 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 which sets harmonized conditions for the marketing of construction products and which repeals Council Directive 89/106/EEC.

2) European reference: UNI ISO EN 14020:2002.

3) European Ref: UNI ISO EN 14040:2006; International ISO 50004.

REFERENCES

Aziz, R. and Hafez, S. (2013), "Applying lean thinking in construction and performance improvement", in *Alexandria Engineering Journal*, vol. 52, pp. 679-695.

Bosi, F. (2016), *Airport Lean Integration (ALI)*, Doctoral Research, Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Architettura, Firenze.

Davies, K., McMeel, D. and Wilkinson, S. (2015), "Soft skill requirements in a BIM project team", in Beetz, J., van Berlo, L., Hartmann, T. and Amor, R. (eds), *Proceedings of the 32nd CIB W78 Conference, October 27th-29th 2015, Eindhoven*, Eindhoven University of Technology, The Netherlands, pp. 108-117. [Online] Available at: www.iglc.net [Accessed 16 March 2019].

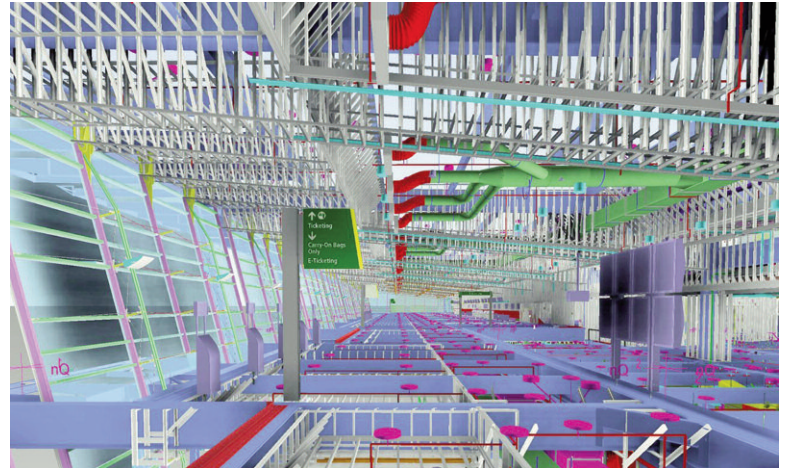
Diaz, J. and Anton, L. A. (2014), "Sustainable Construction Approach through Interaction of LCA and BIM tools", in Hajdu, M. and Skibniewski, M. J. (eds), *Procedia Engineering | Selected papers from the Computing in Civil and Building Engineering 2014*, vol. 85, pp. 283-290.

Eleftheriadis, S., Greening, P. D. and Mumovic, D. (2017), "Life cycle energy efficiency in building structures: A review of current developments and future outlooks based on BIM capabilities", in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 67, pp. 811-825.

Esposito, M. A., Bosi, F. and Sacks, R. (2018), "Lean-driven Terminal Operation Design", in González, V. A. (ed.), *Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Evolving Lean Construction Towards Mature Production Management across Cultures and Frontiers, Chennai, India, 16-22 July 2018*, International Group for Lean Construction, IIT Madras Chennai, India, vol. 1, pp. 593-602. [Online] Available at: http://www.iglc2018.org/downloads/IGLC2018-Proceedings-Vol1_Vol2.pdf [Accessed 16 March 2019].

Role (UNI 11337-7)	Lean Pillars (Aziz and Hafez, 2013)			BIM-Aimed Soft Skills Competency (set) (Succar et alii, 2013)	Interaction field between Lean Principles, BIM e Soft Skills (Womack and Jones, 2003; Mossman, 2015; Kpamma et alii, 2014; Sacks, 2010; Bosi, 2016)
	Technology	People	Processes		
BIM Manager	<ol style="list-style-type: none"> 1. Defines BIM instructions (UNI 11337-7). 2. Redacts: <ol style="list-style-type: none"> a. Employer Information Requirements (E.I.R.); b. information management offer; c. information management plan; d. BIM Guidelines. 3. Proposes the possible applications of the information model. 4. Promotes the use of methods and tools related to data science and data analytics to assess the maturity of the organization. 5. It takes care of the connection between the internal and shared Data Management System. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inter-organization relations. 2. Supports the allocation and appointment of specialized human resources. 3. Determines and supervises the boundaries of roles and responsibilities. 4. Manages information and decision-making processes with project managers. 5. Implements reporting and auditing. 6. Supports recruitment of HR and consultants. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Defines the impact of digitization on work organization and tools. 2. Guarantor of the implementation of digitization in the processes of an organization. 3. Defines: <ol style="list-style-type: none"> a. rules and procedures for information management; b. criteria for structuring information models; c. logical and functional structure of collaboration environments; d. set of attributes and characteristic documents; e. workflow configuration templates. 4. Schedules the data hand-over to the client. 5. Manages information and decision-making processes. 6. Defines the management of information flows and the use of the CDE. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guide and planning (Managerial). 2. Management organization, administration, procedures and policies (Administrative). 3. Accounting and budgeting (Functional). 4. Human Resources Management (Functional). 5. Team and Workflow Management (Functional). 6. Conceptualization and Design (Operative). 7. Management of the Information Model (Implementation). 8. Research and Development (R&D). 9. Industry involvement and knowledge sharing (R&D). 10. Development of non-technical outputs for sharing (R&D). 	Involvement, Collaboration, Meeting Project Requirements.
BIM Coordinator	<ol style="list-style-type: none"> 1. Examines or prepares the information specifications. 2. Delivers or analyzes an information management plan in response to the information specifications. 3. Transfers digital workflows within the data sharing environment. 4. Ensures compliance with the information requirements of the individual digital information models. 5. Ensures compliance with the informative specifications. 6. Defines the rules for checking and clash detection processes. 7. Ensures consistency and correspondence of shared information. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Works with the BIM Manager and project manager. 2. Supports decision-making processes. 3. It supports the identification of human and instrumental resources for the execution of the project. 4. It takes care of the quality of interpersonal relationships within and outside the organization. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Operates on the instructions of the digitalised processes manager. 2. Configures digital workflows within the data sharing environment. 3. Ensures that the information flows processed within the individual applications do not suffer loss or distortion. 4. Manages the identification and resolution of clashes during and after coordination meetings 5. Guarantor of interoperability and connection of decision-making processes. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Organization management, administration, procedures and policies (Administrative). 2. Accounting and budgeting (Functional). 3. Human Resources Management (Functional). 4. Collaboration (Functional). 5. Facilitation and Support (Functional). 6. Team and Workflow Management (Functional). 7. Management of the Information Model (Implementation). 8. Fundamentals of Implementation (Implementation). 9. Research and Development (R&D). 10. Development of non-technical outputs for sharing (R&D). 	Collaboration, Continuous Improvement, Transparency and Respect.
BIM Specialist	<ol style="list-style-type: none"> 1. Responsible for informative modeling in specialized disciplines. 2. It has specific operational capacity on specific applications. 3. Collaborate by performing a Knowledge Transfer in the information model. 4. Contributes to the verification and validation of the information entered. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Collaborates in a stable or occasional manner with a specific organization of the project group. 2. Acts within the digital workflows provided by the BIM coordinator. 3. Supports the preparation of an information management plan if necessary. 4. Advanced preparation in Authoring tools. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analyzes the main contents of the informative specifications and the information management plan. 2. Participates in the informative model authoring. 3. Performs preliminary checks on the information model. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Collaboration (Functional). 2. Facilitation and Support (Functional). 3. Conceptualization and Design (Operative). 4. Analysis and Simulation (Techniques). 5. Quantification and Estimates (Techniques). 6. Modeling and Design (Techniques). 7. Documentation and Details (Techniques). 8. Management of the Information Model (Implementation). 9. Fundamentals of Implementation (Implementation). 10. Components Development (Implementation). 11. Technical preparation (Implementation). 12. IT Support (Support) 13. Software troubleshooting (Support). 	Continuous improvement, continuous development of technical and technological solutions, collaboration, development and adoption of specific tools.
Common Data Environment Manager	<ol style="list-style-type: none"> 1. Researches and implements network or cloud computing solutions. 2. Relates information models, data and project information. 3. Checks the relevance of the project information. 4. Protects project information. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ensures the correctness and timeliness of information flows. 2. Contributes to the effectiveness of decision-making processes related to Construction Project Management. 3. Protects intellectual property in the organization. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Manages data sharing environment implemented or implemented by the organization. 2. Ensures uniqueness, traceability and consistency of project information. 3. Ensures the interoperability of information originating from different authoring tools. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Collaboration (Functional). 2. Facilitation and Support (Functional). 3. Documentation and Details (Techniques). 4. Components Development (Implementation). 5. Technical preparation (Implementation). 6. IT Support (Support). 7. Software and Web Development (R & D / Support) 8. Software troubleshooting (Support). 	Collaboration, Transparency and Respect, Development and Adoption of specific tools.

Tab. 1 - BIM roles: Interaction field between Lean Principles, BIM e Soft Skills.



Figg. 13, 14 - San Diego International Airport's Terminal 2 (credits: HNTB Architecture).

Esposito, M. A. (2018), "Il piano di esecuzione del BIM negli aeroporti | BIM Executive Plan in Airports", in Esposito, M. A. and Bosi, F. (eds), *Tecnologie del Progetto di Architettura. Rimodellazione di progetto e fabbricazione*, Didapress, Firenze, pp. 39-78.

Eurostat (2018), *Digital Transformation Scoreboard 2018 EU businesses go digital: Opportunities, outcomes and uptake*, Publications Office of the European Union, Luxembourg. [Online] Available at: https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/Digital%20Transformation%20Scoreboard%202018_0.pdf [Accessed 29 April 2019].

Gandhi, P., Khanna, S. and Ramaswamy, S. (2016), *Which Industries Are the Most Digital (and Why)?*, Harvard Business Review. [Online] Available at: <https://hbr.org/2016/04/a-chart-that-shows-which-industries-are-the-most-digital-and-why?referral=00060> [Accessed 29 April 2019].

Howell, G. A. (1999), "What Is Lean Construction. 1999", in *7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Berkeley, USA, 26-28 July 1999*, IGLC, Berkeley. [Online] Available at: www.iglc.net [Accessed 16 March 2019].

ISTAT - Istituto Nazionale di Statistica (2018), *Rapporto sulla competitività dei settori produttivi*, Istat, Roma.

Kpamma, Z. E., Nsia, E. A. and Agyema, S. (2014), "How Aligned Is the Competency-Based Training Model With the Lean Philosophy?", in Kalsaas, B. T., Koskela, L. and Saurin, T. A. (eds), *22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Oslo, Norway, 25-27 June 2014*, IGLC, Oslo, pp. 1233-1244. [Online] Available at: www.iglc.net [Accessed 16 March 2019].

Manyika, J., Ramaswamy, S., Khanna, S., Sarrazin, H., Pinkus, G., Sethupathy, G. and Yaffe, A. (2015), *Digital America: The Tale of the haves and the have-mores. December 2015. Highlights*. [Online] Available at: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/High%20Tech/Our%20Insights/Digital%20America%20A%20tale%20of%20the%20haves%20and%20have%20mores/Digital%20America%20Full%20Report%20December%202015.aspx> [Accessed 16 March 2019].

Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del

mare (2017), *DM 11 ottobre 2017 | Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici*, G.U. n. 259 del 6 novembre 2017.

Ministero dello Sviluppo Economico (2019), *Piano Nazionale Impresa 4.0*. [Online] Available at: https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/impresa_%20040_19_settembre_2017.pdf [Accessed 29 April 2019].

Mossman, A. (2015), "Bringing lean construction to life: Developing leaders, consultants, coaches, facilitators, trainers and instructors", in *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, IGLC, Perth, Australia, pp. 413-423. [Online] Available at: www.iglc.net [Accessed 18 March 2019].

Ohno, T. (1988), *Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*, Productivity Press, London.

Rybkowski, Z. K., Abdelhamid, S. T. and Forbes, L. H. (2013), "On the Back of a Cocktail Napkin: An Exploration of Graphical Definitions of Lean Construction", in *21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, IGLC, Fortaleza, Brazil. [Online] Available at: www.iglc.net [Accessed 16 March 2019].

Sacks, R., Koskela, L. J., Dave, B. and Owen, R. (2010), "The interaction of lean and building information modeling in construction", in *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 136, issue 9, pp. 968-980.

Santorella, G. (2011), *Lean culture for the construction industry: building responsible and committed project teams*, CRC Press and Taylor & Francis Group, BocaRaton.

Shah, R. and Ward, P. T. (2007), "Defining and developing measures of lean production", in *Journal of Operations Management*, vol. 25, issue 4, pp. 785-805.

Succar, B., Sher, W. and Williams, A. (2013), "An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application", in *Automation in Construction*, vol. 35, pp.174-189.

Womack, J. and Jones, D. (2003), *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*, Free Press, New York.

Zhao, D., McCoy, A. P., Bulbul, T., Fiori, C. and Nikkhoo, P. (2015), "Building collaborative construction

skills through BIM-integrated learning environment", in *International Journal of Construction Education and Research*, vol. 11, pp. 1-24.

^a MARIA ANTONIETTA ESPOSITO, Architect and PhD, is Professor of Project Management and Technology at the University of Florence (Italy), gold medal for research at PUT (Poznan University of Technology), directs the research of TxP at the Department of Architecture, unit specialized in the design of Airports; she is the scientific coordinator of international agreements with India and Canada; directs the ABC (Airport Booklets Collection) for Dida Press and the DOTTA doctoral series for Firenze University Press; she was the scientific Director of the network of doctoral students in the OSDOTTA sector. E-mail: mariaantonietta.esposito@unifi.it

^b ALESSANDRA DONATO, Engineer and PhD in Architectural Technology, is Research Fellow at the Department of Architecture of the University of Florence (Italy) in the context of national and international research activities concerning the issues of Environmental Sustainability and Energy Saving of buildings. E-mail: alessandra.donato@unifi.it

^c FILIPPO BOSI, Architect and PhD in Architectural Technology, is a Teaching Fellow and international expert in Lean Design. He is an architect oriented to the innovation of the project production processes who works in airport design at Toscana Aeroporti Spa and in research as a TxP-R consultant. E-mail: txp.fbo@gmail.com