CONVEGNO INTERNAZIONALE
2030 D.C. PROIEZIONI FUTURE PER UNA PROGETTAZIONE SOSTENIBILE
Messina, 17-19 novembre 2022

Digitalizzazione e gestione di patrimoni universitari diffusi attraverso l'integrazione dati BIM-GIS

Digitalization and management of diffused university assets through BIM-GIS data integration

G. M. Di Giuda[1], D. Accardo[1], S. Meschini[2], L.C. Tagliabue[3]*

[1*] Dipartimento di Management, Torino (Italia), giuseppemartino.digiuda@unito.it
[1] Dipartimento di Management, Torino (Italia), daniele.accardo@unito.it
[2]Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Milano (Italia), silvia.meschini@polimi.it
[3]Dipartimento di Informatica, Torino (Italia), laviniachiara.tagliabue@unito.it

ABSTRACT

The combined use of *BIM* (*Building Information Modeling*) and *GIS* (*Geographic Information System*) is promising for the development of digital *Asset Management Systems* (*AMS*). In particular, *BIM-GIS* integration through web-based platforms can improve information sharing and collaborative management during the *Operation and Maintenance* (*O&M*) phase of complex systems such as large and diffused university assets. Complete information based on the actual conditions of buildings and surroundings can be provided, enabling timely and effective decisions both in ordinary and emergency scenarios.

The research aims at exploiting *BIM-GIS* integration to develop a web-based platform for one of the largest and diffused Italian university assets, that is the University of Turin building stock. Indeed, Italian university campuses are usually characterized by a significant managing complexity due to the presence of widespread buildings, heterogeneous in construction era and type. Furthermore, they are handled by several stakeholders through hardly accessible, fragmented and still document-based systems. This often results in ineffective decisions based on asymmetrical and incomplete information which lead to resources waste and poor user satisfaction. The paper presents a replicable methodology to integrate *BIM-GIS* data and develop a 3D interactive map (*AMS-app*) which enables the real-time visualization of University of Turin asset with its attributes. The aim consists in overcoming current document-based and fragmented management by promoting information sharing and collaborative management to avoid ineffective and unsustainable decisions during the *O&M* phase, in addition to resources waste. This involved the digitalization and georeferencing of the whole university building stock, addressing the crucial step of data integration in a centralized and accessible database which is illustrated. Two pilot use cases are shown along with their *BIM* models implementation through the *AMS-app*. Finally, first results are discussed along with *AMS-app* potentials and further developments.

KEYWORDS

BIM, GIS, Asset Management, Operation and Maintenance, Information Management, data integration

1. INTRODUZIONE

Negli ultimi decenni, l'uso integrato di *BIM* e *GIS*, si è rivelato molto promettente per sviluppare *Smart Cities* e *Smart Campus* [1,2]. Il *BIM* permette di sviluppare modelli informativi degli edifici molto dettagliati, mentre il *GIS* consente di gestirli ed analizzarli attraverso un sistema di riferimento spaziale globale [3]. Insieme alla recente disponibilità di tecnologie digitali innovative e *big data*, l'interoperabilità *BIM-GIS* può essere sfruttata per ottimizzare le attività di gestione di grandi *asset* immobiliari, specialmente durante la fase Operativa e di

Manutenzione (O&M). La loro integrazione, può essere utile a promuovere lo sviluppo di strumenti *AMS* realmente efficaci [4]. La maggiore differenza tra *BIM* e *GIS* risiede nella diversa scala di rappresentazione ma costituisce anche il punto di forza della loro integrazione, poiché il *BIM* può descrivere un edificio ad un altissimo livello di dettaglio, mentre il *GIS* permette di lavorare a livello urbano e di contesto territoriale dell'edificio. La grande potenzialità della loro integrazione, risiede quindi nella capacità di poter gestire l'*asset* dalla macro-scala territoriale alla micro-scala del singolo componente costruttivo o impiantistico [5,2]. A questo scopo è necessario configurare e disporre di un *database* centralizzato, accessibile, scalabile e ben strutturato [6].
Di recente, diverse università hanno mutuato il concetto di *Smart City* alla scala del *Campus* per migliorare la gestione dei loro patrimoni immobiliari ed apportate una migliore *user-experience* oltreché un ottimale sfruttamento delle risorse [5,2]. Gli *asset* universitari, in particolare quelli italiani, sono caratterizzati da un'elevata complessità gestionale, in quanto composti da edifici diffusi e spesso costruiti in epoche diverse, con una varietà di tecnologie costruttive che li rendono molto eterogenei. Questa grande complessità è aggravata da sistemi di gestione spesso ancora documentali, organizzati su *database* frammentari e difficilmente accessibili che portano ad ottenere informazioni incomplete ed asimmetriche con conseguenti decisioni poco efficaci ed un uso delle risorse non ottimale, specialmente durante la fase O&M. Questa fase, è stato dimostrato essere la più costosa del ciclo di vita degli *asset* , tanto che la gestione degli spazi rispetto ai relativi flussi di occupazione, i comportamenti degli utenti e le esigenze relative alla fornitura di servizi, hanno un fortissimo impatto sulla fruibilità dell'edificio e sui consumi energetici, olteché sulle spese di pulizia e manutenzione [7]. Se vengono gestiti in maniera inadeguata, possono causare sprechi di risorse ed incrementi nei costi di gestione, operatività e manutenzione degli edifici. Diventa quindi imprescindibile il passaggio da approcci fortemente documentali e frammentari ad approcci digitali e collaborativi e per facilitare questa transizione è necessario adottare sistemi di gestione informativa [8] insieme a protocolli di modellazione dei dati per strutturarli in maniera di assicurare la disponibilità di informazioni accurate, al momento giusto, nel formato richiesto ed attraverso tutto il ciclo di vita dell'*asset*.
Partendo da queste premesse e visto che, nonostante le grandi potenzialità, l'integrazione *BIM-GIS* risulta ancora raramente sfruttata nel campo della gestione degli *asset* (*AM*) [9], il progetto di ricerca mira a definire una metodologia replicabile per sviluppare un *AMS* digitale per la fase O&M di grandi e diffusi patrimoni universitari. Il maggiore risultato consisterà nello sviluppo di una mappa 3D interattiva, basata su *web* (*AMS-app*), volta a facilitare la gestione informativa ed i processi decisionali, migliorando la condivisione delle informazioni tra gli *stakeholders*. La *AMS-app* dovrà raccogliere tutti i dati attualmente gestiti separatamente da diversi uffici amministrativi per fornire un sistema di gestione sempre indipendente ma collaborativo. In questo modo, l'*asset* può essere gestito a livello di sistema, piuttosto che a livello di singolo edificio isolato come avviene attualmente. Un altro importante risultato riguarderà la definizione di protocolli informativi per migliorare la modellazione di ampi e diffusi *asset* universitari attraverso sitemi *BIM-GIS,* altrimenti noti come *"GeoBIM"*.
In particolare, il presente articolo illustra la metodologia replicabile sviluppata per definire la *AMS-app*, focalizzando sulla descrizione del significativo sforzo fatto per raccogliere i dati da diversi *database* isolati in un unico *database* centralizzato, facilmente accessibile ed implementabile. Viene dettagliatamente descritto lo sviluppo della mappa interattiva 3D utile alla visualizzazione *real-time* degli attributi dell'intero *asset* universitario, con il risultato di ottenere un sistema *"GeoBIM"* che permette di archiviare, consultare e condividere dati geometrici, spaziali (superfici, volumi, lunghezze..) e funzionali (destinazione d'uso, dotazioni, occupazione, corsi, orari…) sempre aggiornati ed utili per una gestione più sostenibile ed efficiente. Infine, viene illustrata l'applicazione della metodologia così definita attraverso due casi di studio pilota, discutendo i primi risultati, le potenzialità e le limitazioni. I due casi di studio sono stati selezionati all'interno del grande e variegato patrimonio dell'Università di Torino (UniTO), che rappresenta uno dei maggiori *campus* univesitari diffusi italiani, con un grande bacino di utenza ed una gestione poco strutturata. Queste caratteristiche comportanto una forte asimmetria informativa tra gli *stakeholders*, impedendo la piena consapevolezza della consistenza dell'*asset* e del suo utilizzo con conseguenti sprechi di risorse e perdita di efficienza gestionale. Per questi motivi, la digitalizzazione e georeferenziazione dell'intero patrimonio

edilizio UniTO attraverso strumenti *AMS* innovativi e digitali rappresenta uno degli obiettivi del Piano Strategico di Ateneo, costituendo una novità nel panorama italiano.

2. BACKGROUND

La revisione dello stato dell'arte è stata focalizzata sulle tecnologie *BIM, GIS* e la loro integrazione per sviluppare piattaforme utili alla gestione della fase O&M di *asset* immobiliari, inoltre è stata condotta un'analisi degli approcci presenti e passati e della loro applicazione, evidenziando relativi vantaggi e limitazioni.

Negli ultimi due decenni, il *BIM* ha certamente migliorato la produttività del settore delle costruzioni promovuendo la collaborazione e la condivisione delle informazioni tra gli *stakeholders* [10], infatti, è stato sviluppato principalmente con l'intento di gestire l'intero ciclo di vita attraverso modelli parametrici alimentati da informazioni rilevanti [11]. Contemporaneamente, il *GIS* è emerso come uno strumento interessante per acquisire, immagazzinare e gestire una gran quantità di dati in un *database* relazionale, facilitando analisi spaziali specifiche attraverso l'utilizzo di dati geometrici e funzionali, assegnati a parametri appositamente definiti [12, 13]. Negli ultimi anni, l'integrazione tra *BIM* e *GIS* è diventata argomento di forte interesse tra i ricercatori, poiché ha permesso di migliorare l'integrazione dati, la gestione urbana e dei processi decisionali a livello strategico, fornendo un supporto valido per l'effettivo sviluppo di città *smart* e sostenibili [14]. *BIM* e *GIS* sfruttano modelli informativi 3D con due approcci differenti [15]. La loro integrazione è complicata da diverse differenze riscontrabili nei due sistemi di rappresentazione, le maggiori delle quali riguardano: gli utenti, le scale di rappresentazione, il sistema di coordinate, i livelli di dettaglio standard, la rappresentazione geometrica e semantica ed il livello di granularità, oltre che i metodi di raccolta e consultazione delle informazioni.

Di recente, molti studi hanno affrontato il problema dell'interoperabilità *BIM-GIS* con risultati promettenti [16], in particolare, Noardo et al. [15] individuano le principali problematiche da affrontare:

- Armonizzazione e coerenza dei dati: deve esserci corrispondenza tra tutti gli elementi ed i dati attraverso una specifica classe di caratteristiche (es. georeferenziazione, accuratezza, rappresentazione geometrica e semantica, quantità di dettaglio ecc.);
- Interoperabilità: i metadati devono essere strutturati, chiari e completi per poter essere utilizzati correttamente in diversi *software*. In particolare, l'adozione di *standard* aperti come l'*IFC* (*Industry Foundation Classes*) per il *BIM* e *CityGML* per il *GIS* [17] facilita l'interoperabilità e l'invariabilità dei processi di traduzione di *dataset* eterogenei in *dataet* in formato standardizzato;
- Linee guida comuni: definizione di linee guida condivise tra gli *stakeholders* per evitare la perdita di informazioni durante gli scambi, modelli "GeoBIM" anziché BIM e GIS separatamente [18].

Molti studi hanno analizzato i campi più adatti in cui l'applicazione integrata *BIM-GIS* può dare i risultati migliori, [19] Ma et al. Individua le seguenti tre fasi: *P&D* (*Planning and Design*), O&M e la fase di demolizione dell'edificio. In particolare, le attività che beneficiano maggiormente dell'integrazione *BIM-GIS* durante la fase O&M sono le simulazioni di folla e la gestione di: rischi, energia, sicurezza, *facility*, patrimoni immoobiliari. Teo et al. [20] illustrano un ottimo esempio di simulazione di folla in cui i percorsi interni, generati sfruttando le informazioni geometriche e semantiche dei modelli *BIM*, sono stati collegati con i percorsi esterni dei *database GIS* per supportare la gestione combinata delle emergenze, sia negli spazi interni che in quelli esterni. La maggior parte degli studi che hanno affrontato il tema dello scambio di dati tra i due sistemi informativi, hanno evidenziato come l'approccio migliore consista nell'estrarre dati dal *BIM* e importarli in *GIS* [21,22], piuttosto che sfruttare il processo inverso. Gli stessi studi hanno mostrato come uno dei percorsi più idonei ad ottenere l'interoperabilità *BIM e GIS* consista nella combinazione di *ESRI ArcGIS Pro*® con *Autodesk Revit*®. Si è scelta quindi questa soluzione, anche in considerazione del fatto che UniTO utilizza già *ESRI ArcGIS Pro*® per progetti di ricerca geotecnica e quindi possiede una licenza di

Ateneo, tuttavia, in futuro verrà considerata la possibilità di sfruttare soluzioni aperte attraverso gli *standard IFC* e *CityGML* per garantire una maggiore interoperabilità e possibilità di personalizzazione.

3. METODOLOGIA

La definizione della metodologia è partita dall'analisi dello stato dell'arte relativo a metodi e strumenti per lo sviluppo di *AMS* per grandi patrimoni attraverso l'integrazione *BIM-GIS*. Lo sviluppo vero e proprio dell'approccio metodologico (Figura 1) è iniziato nella seconda fase, riguardante l'analisi del patrimonio edilizio dell'Università di Torino e degli attuali processi di gestione. A seguito dell'analisi preliminare, l'elaborazione e la strutturazione dei dati acquisiti, è stato possibile definire un *database* relazionale, centralizzato per raccogliere tutti i dati attualmente depositati in diversi *database* isolati, riguardanti sia gli attributi spaziali che quelli funzionali dell'*asset*. In seguito, è stato possibile sviluppare una piattaforma *web BIM-GIS* personalizzata per consentire la visualizzazione del patrimonio UniTO, con i relativi attributi, in un ambiente digitale 3D interattivo.

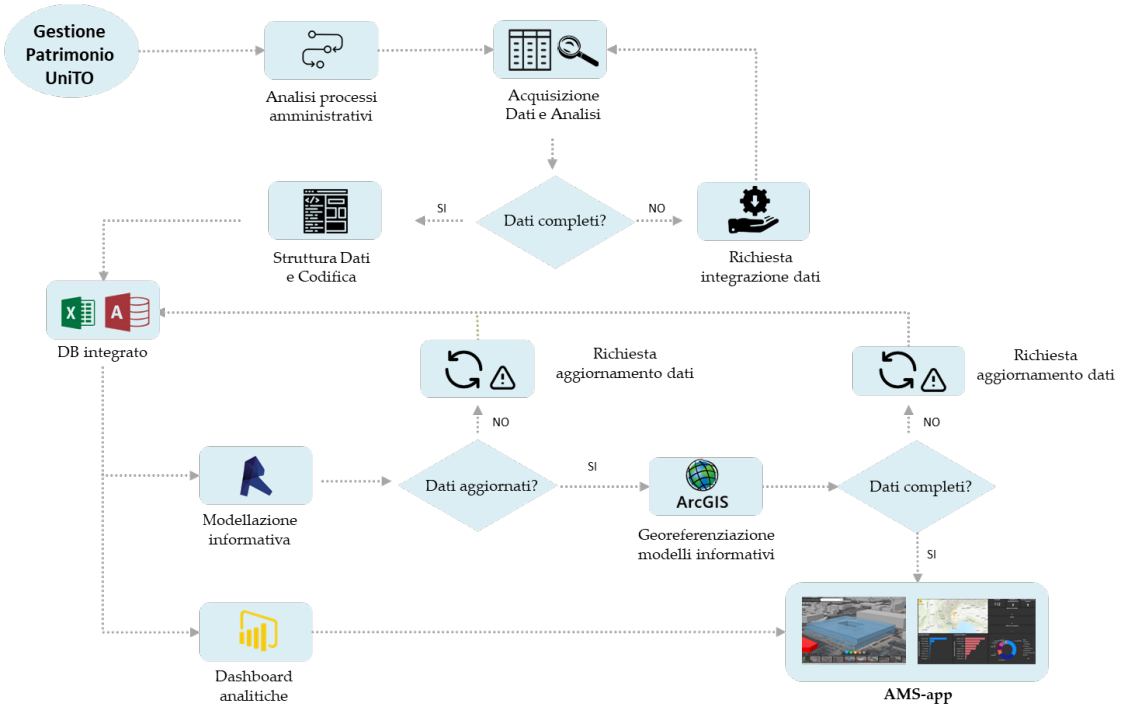

Fig. 1 Flusso di lavoro dell'approccio metodologico

L'obiettivo principale è consistito nello sviluppo di uno strumento digitale personalizzato (*AMS-App*) consultabile da più dispositivi (es. *smartphone, tablet, notebook*, ecc.) per supportare la facile visualizzazione delle informazioni attraverso la mappa 3D interattiva. Tale strumento digitale, consente alle Amministrazioni interessate ed agli *stakeholders* coinvolti nei processi decisionali riguardanti i beni e le attività dell'Ateneo (es. personale docente e di ricerca, studenti, personale di manutenzione) di trovare le informazioni richieste interrogando l'edificio con un semplice "click" o attraverso l'inquadramento di appositi codici di risposta rapida (QR), posizionati negli edifici. Questo può rappresentare un grande vantaggio per la gestione della fase O&M, in quanto permette di ottenere informazioni complete e contestualizzate in maniera rapida e semplice, piuttosto che doverle reperire con apposite richieste a diversi uffici, con una notevele perdita di tempo e risorse.

In particolare, il percorso metodologico è iniziato con un'analisi preliminare dei processi gestionali attualmente in uso, che ha permesso di individuare i *dataset* necessari ed acquisirli. Al termine di questo passaggio, è stata effettuata una prima verifica riguardo alla consistenza e completezza dei *dataset*. Nel caso

in cui mancassero alcuni dati, si è proceduto con le necessarie integrazioni, altrimenti si è passati alla fase successiva di strutturazione dei dati con la definizione di un sistema di codifica appositamente studiato. Successivamente, si è proceduto all'integrazione dei dati in un *database* centralizzato con il contestuale sviluppo di modelli *BIM* basati su *dataset* appositamente definiti. Successivamente, un'ulteriore fase di verifica dei *dataset* individuati ha permesso di valutarne la completezza ed il corretto aggiornamento rispetto ai dati presenti nei modelli *BIM*. In caso di risposta positiva, si è passati alla loro georeferenziazione, altrimenti i *dataset* sono stati aggiornati, reiterando i passaggi di strutturazione dati ed aggiornamento del *database* centralizzato. Prima della fase finale, relativa all'implementazione di dati e dei modelli nella *AMS-app,* è stato effettuato un ultimo controllo per assicurarsi che i dati fossero completi e corretti. Nei paragrafi seguenti viene fornita la descrizione di ogni passaggio che compone il percorso metodologico appena descritto.

3.1 Analisi del patrimonio edilizio e dei processi di gestione

La prima fase dell'approccio metodologico, si è concentrata sull'analisi della consistenza del patrimonio immobiliare UniTO e sull'individuazione delle Direzioni Amministrative coinvolte nella sua gestione. L'obiettivo principale consisteva nell'identificazione dei dati necessari alle diverse Direzioni, quali fossero già disponibili o meno, come venissero gestiti e condivisi, allo scopo di capire come raccogliere i dati mancanti. A tal fine, sono stati indagati i canali di comunicazione UniTO, in particolare il sito *web* ufficiale e la relativa sezione "Amministrazione trasparente", contenente la documentazione ufficiale relativa alle attività ed alle persone che lavorano nell'Ateneo, identificando le Direzioni coinvolte nei processi di gestione dell'*asset* e raccogliendo i dati disponibili. Come riportato in Tabella 1, è stata individuata l'esistenza di una piattaforma *web* (OpenSIPI) sfruttata dalla "Direzione Sistemi informativi e portale *e-learning*" per gestire i dati relativi al patrimonio edilizio (dimensioni, occupazione, dotazioni impiantistiche, ecc.) e che può essere aggiornata dalla "Direzione Edilizia, logistica e sostenibilità". Si è riscontrato, inoltre, che i dati riguardanti le attività didattiche, al momento sono archiviati attraverso file Excel tra loro eterogenei, gestiti dal personale amministrativo della "Direzione Didattica" e, infine, è stata individuata una banca dati esterna, denominata Cineca, contenente i dati riguardanti le carriere degli studenti, accessibili solamente tramite interfacce dedicate e non personalizzabili.

Database	Data	Direzioni Amministrative
OpenSIPI	Nome dell'edificio Dati geometrici Localizzazione dell'edificio Destinazione d'uso	Sistemi informativi e portale *e-learning* Edilizia, Logistica e Sostenibilità
Excel sheet files	Orari Corsi	Servizi alla didattica
Cineca	Carriera universitaria Catalogo dei corsi Tasse	Non direttamente accessibile

Tab. 1 Elenco dei database esistenti, dati contenuti e Direzioni Amministrative coinvolte nella loro gestione

L'analisi effettuata, ha portato alla luce una forte frammentarietà delle informazioni, confermata dalle interviste condotte con il personale delle diverse Direzioni coinvolte che hanno evidenziato difficoltà nel reperire le informazioni necessarie, accessibili solo attraverso apposite richieste di estrazione dati con lunghi tempi di attesa.

Successivamente, si è passati all'analisi approfondita dei *database* in uso, per capire quali dati dovrebbero essere integrati e correlati per una gestione efficiente del patrimonio di Ateneo e delle sue attività. Ne è risultato che la piattaforma OpenSIPI è stata sviluppata con l'intento di fornire uno strumento di gestione degli spazi e dell'*asset* cercando di implementare un approccio *GIS* attraverso l'individuazione degli edifici dell'intero patrimonio edilizio in *Google Maps®*. La piattaforma permette di mostrare gli attributi spaziali dei singoli locali (Tabella 1) tramite planimetrie 2D interattive, tuttavia mancano completamente gli attributi

funzionali (es. occupazione, dotazioni, mobili, sistemi impiantistici..) fondamentali durante la fase O&M. Un altro problema riscontrato, riguarda il fatto che la piattaforma non viene costantemente aggiornata, pertanto i suoi dati potrebbero non corrispondere alla reale condizione degli spazi. Per questo motivo, si è proceduto alla raccolta dei dati e delle planimetrie aggiornate, attraverso brevi interviste e richieste di documentazione all'ufficio tecnico di Ateneo, afferente alla "Direzione Edilizia, Logistica e Sostenibilità".
Come si evince dalla Tabella 1, la "Direzione Servizi Educativi" utilizza fogli Excel non standardizzati per la gestione degli orari e dei dati dei corsi, mentre i dati relativi alle carriere degli studenti, alle tasse ed ai corsi disponibili sono gestiti attraverso un'applicazione dedicata, fornita da Cineca che si occupa anche della conservazione dei dati. Anche in questo caso, sono state condotte brevi interviste al personale per individuare quali dati gestisse e le modalità di interazione con le diverse amministrazioni, evidenziando come i file Excel sopracitati non fossero né collegati tra loro, né aggiornati rispetto a quelli forniti da Cineca. Questo comporta una mancanza di connessione tra le Direzioni, con conseguente elevata frammentazione delle informazioni e necessità di un lavoro aggiuntivo per la raccolta dei dati necessari alla gestione dell'Ateneo e delle attività ivi svolte, impedendo anche l'ottimizzazione e l'automazione di alcuni processi.
Come descritto in precedenza, Cineca è un fornitore esterno di *software* e servizi, responsabile diretto della gestione dei dati relativi alla carriera degli studenti ed all'offerta formativa, per cui il personale amministrativo non può manipolare direttamente i dati contenuti in questo *database*, ma può solamente visualizzarli attraverso un apposito applicativo e sottomettere richieste di estrapolazione dati personalizzate, con lunghi tempi di attesa che portano ad una gestione inefficiente. Questo fatto costituisce un grande impedimento per lo sviluppo di un valido *AMS* per grandi patrimoni edilizi distribuiti ed eterogenei, infatti è stato dimostrato essere cruciale l'accesso diretto ad un *database* centralizzato ed un'alta efficienza funzionale [23].
Si è evidenziata quindi la necessità di un *database* integrato che raccogliesse i dati di tutti i *database* individuati, per sviluppare un *AMS* che potesse rappresentare una svolta per le attività della "Direzione Servizi Educativi", divenendo una fonte unica di dati riguardanti il numero di studenti, la consisenta e le dotazioni degli spazi ed i corsi erogati con la possibilità di ottimizzare l'assegnazione e l'uso degli spazi rispetto alle effettive necessità.
Sono state poi condotte ulteriori analisi per capire quali applicazioni fornisse Cineca alla "Direzione Servizi Educativi" e ne sono state individuate due principali:

- "Esse3", per la gestione degli studenti durante tutta la loro carriera accademica;
- *University Planner*, per la creazione automatizzata degli orari didattici con relativa assegnazione degli spazi, senza tuttavia sfruttare logiche di ottimizzazione dell'occupazione rispetto all'effettiva disponibilità dei locali ed al numero di studenti iscritti al corso in questione.

In conclusione, le Direzioni universitarie coinvolte nella gestione dei dati utili nella fase O&M, attualmente maneggiano informazioni incomplete e poco aggiornate, attraverso interfacce e sistemi gestionali di diversa natura, spesso ancora documentali. La grande mole di dati individuata, necessaria per la gestione di un patrimonio universitario così complesso e diffuso come UniTO, attualmente non è facilmente accessibile e questo difficilmente permette di prendere decisioni informate ed efficaci.

3.2 Strutturazione dati nel database centralizzato

La struttura del *database* centralizzato è stata definita in base all'attuale sistema di gestione individuato, senza trascurare la possibilità di adattamento ed integrazione rispetto a possibili sviluppi futuri. I dati che informano il *database* centralizzato, sono stati acquisiti da diverse fonti, sia attraverso richieste dirette alle

amministrazioni competenti, sia attraverso il sito *web* ed i *database* di Ateneo, sfruttando apposite credenziali. I dati raccolti e le relative fonti sono i seguenti:

- OpenSIPI: nome, codice, prefisso, codifica, tipo di edificio; destinazione d'uso; nome della città; indirizzo; codice di piano; codice d'uso, altezza, capacità spazio, rapporto area-capacità, nome dello spazio; piani, superficie netta, perimetro dell'edificio; superficie netta dello spazio;
- *Google maps*: latitudine, longitudine;
- Nuovi dati: tipologia e descrizione dello spazio;
- Sito *web* di Ateneo: attrezzature, spese e rendita annuali, uso prevalente, titolo di proprietà;
- Direzioni: numero occupanti, orario di inizio, di fine, orario di inizio-fine, giornaliero; giorno; materia; codice materia;
- Anagrafe studenti: nome e codice corso, studenti iscritti.

Una volta acquisiti i dati, è stata condotta un'analisi dello stato dell'arte per individuare il modo migliore per archiviarli e dotare il *database* di flessibilità, oltre che per renderlo facilmente aggiornabile ed accessibile agli utenti. Un modo sicuro e consolidato di immagazzinare i dati consiste nei *database* relazionali (*RDB*), che consentono di strutturare i dati secondo una precisa gerarchia [24]. Nel caso qui trattato, è stato scelto un *RDB* poiché permette di stabilire diversi tipi di relazioni tra i dati e di fare *queries* personalizzate con la possibilità di filtrare ed aggregare i dati in base allo scopo prefissato. La struttura del *database* è stata definita in *Microsoft Access*® ed è suddivisa in nove tabelle compilate con i dati raccolti, inoltre è stata predisposta per essere interrogata ed implementata rispetto a potenziali usi futuri per le attività di *AM*. In questo modo è stato possibile comprendere come collegare le varie tipologie di informazioni a diversi livelli di dettaglio. Per prima cosa sono stati individuati i dati da cui partire e, visto che la maggior parte delle attività di gestione necessita di informazioni riguardo agli attributi spaziali e che queste sono suscettibili di minori variazioni nel tempo, si è deciso di partire da questa tipologia di dati. La struttura del *database* è stata quindi sviluppata partendo dalla tabella centrale denominata "Patrimonio Edilizio", da cui si diramano, da un lato i collegamenti ad altri dati che vanno da "Spazi" fino a "Occupazione" ed "Orari", dall'altro, i dati relativi a: "Titoli immobiliari", "Ricavi da locazione", "Spese da locazione" e "Lauree". Per identificare in modo univoco edifici e relativi spazi, un passaggio fondamentale è consistito nella definizione di un sistema di codifica *ad hoc*, utile anche a *linkare* i dati attraverso il *database* in maniera coerente rispetto ai diversi livelli di definizione dell'*asset*:

$$PR^{1}_000^{2}_000^{3}_A^{4}_P00^{5}_0000^{6}$$

1: Provincia; 2: Sede; 3: Insediamento; 4: Codice edificio; 5: Piano 6: Spazio.

Sia lo schema di codifica che la struttura centralizzata del *database* hanno svolto un ruolo chiave per lo sviluppo dell'*AMS-app*, poiché permettono di filtrare le informazioni visualizzando i dati di dettaglio precedentemente illustrati.

3.3 Modellazione BIM e assegnazione dei parametri informativi

La quarta fase della definizione della metodologia si è concentrata sull'assegnazione dei dati semantici contenuti nel *database* principale ai modelli *BIM* del patrimonio edilizio, appositamente sviluppati ed arricchiti con dati specifici per ogni edificio, utili alla gestione dell'*asset*.

Allo scopo di affinare e testare la validità del percorso metodologico definito per la digitalizzazione e georeferenziazione del partimonio UniTO, si è partiti dalla modellazione di due casi pilota con diversi livelli di complessità: il centro "Piero della Francesca", sede della Facoltà di Informatica, e "Palazzo Nuovo", sede di diversi dipartimenti (Filosofia e Scienze dell'Educazione, Studi Storici, Studi Umanistici, Dipartimento di Lingue). Il primo edificio, pur essendo di piccole dimensioni (2850 mq) e di geometria semplice, è stato scelto in quanto negli ultimi cinque anni ha registrato il maggior aumento di iscritti rispetto agli altri corsi UniTO, con un incremento del 50% ed una costante e crescente richiesta di nuovi spazi. Nuove tecnologie digitali ed interattive come l'*AMS-app,* potrebbero aiutare ad ottimizzare l'occupazione degli spazi e le relative attività di O&M. Questo caso di studio, è stato utilizzato per testare l'approccio sviluppato, che è stato poi reiterato per "Palazzo Nuovo", selezionato per la sua grande complessità, dovuta alle dimensioni straordinarie (6787 m^2) ed alla geometria molto articolata, nonché alla presenza di una moltitudine di attività

interne ed esterne alla vita accademica. Come nel caso di "Piero della Francesca", le iscrizioni ai corsi di studio sono notevolmente aumentate, con un tasso di crescita pari a circa il 15% negli ultimi quattro anni, fino a raggiungere circa 23000 studenti nel 2021, pari a quasi il 28% di tutti gli iscritti all'Ateneo torinese. Queste condizioni hanno complicato ulteriormente la gestione delle attività didattiche, oltre ad aver aumentato la richiesta di spazi ed aule.
Vista la grande quantità di attributi spaziali e funzionali da gestire ed assegnare ai diversi edifici, la costruzione dei modelli *BIM* si è rivelata sfidante. L'obiettivo principale è stato quello di raccogliere informazioni sufficienti a rappresentare l'intero patrimonio universitario, costituito da 112 edifici per un totale di 629'000 metri quadrati, evitando di dover gestire una quantità eccessiva di dati. Una decisione di basilare importanza è stata quella di rappresentare il patrimonio edilizio attraverso masse, piani e stanze, eliminando i dettagli formali che avrebbero appesantito i modelli. A questo scopo, è stato utilizzato il software *Autodesk Revit*®, uno degli strumenti *BIM* più diffusi nel settore delle costruzioni. Tre elementi, in particolare, hanno influenzato questa decisione: (i) la possibilità di rappresentare solo i volumi principali del patrimonio edilizio universitario come masse, piani e stanze (i modelli saranno poi implementabili in futuro); (ii) la disponibilità del plug-in *Dynamo* per *Revit*® , che può essere utilizzato per automatizzare i processi di modellazione e di assegnazione dei parametri; (iii) l'elevato grado di compatibilità tra *Revit*® e le piattaforme *GIS* come *ArcGIS Pro*® di Esri, che consente di importare direttamente i file *BIM* (formato .rvt o .ifc) in ambiente *GIS*, riducendo al minimo le perdite di informazioni [25]. Una volta terminata la modellazione degli edifici, le singole categorie di elementi creati (masse, piani, stanze) sono state assegnate agli attributi spaziali e funzionali del *database* digitale centralizzato, utilizzando il *VPL* (*Visual Programming Language*)[26], ampiamente sfruttato per le grandi potenzialità offerte sia nella modellazione che nella gestione dei dati [27]. Il *VPL* sostituisce la normale programmazione informatica con oggetti speciali (nodi) che svolgono funzioni specifiche. In particolare, per popolare i modelli parametrici con le informazioni semantiche illustrate nel paragrafo precedente, è stato utilizzato il pacchetto *Dynamo per Revit*®, ovvero un'interfaccia *open-source* che collega i nodi *API* di *VPL* e *Revit* per costruire algoritmi altamente personalizzabili [28]. I dati spaziali e funzionali sono stati organizzati separatamente prima di essere accoppiati ai modelli parametrici ed i nodi personalizzati sono stati utilizzati per estrapolare i dati dai fogli di calcolo, produrre nuovi parametri condivisi in formato .txt ed assegnarli ai tre tipi di componenti parametrici (masse, piani e stanze) nei modelli *BIM*.

3.4 Sviluppo della piattaforma digitale BIM-GIS

Analizzando lo stato dell'arte, è emerso come il settore delle costruzioni abbia recentemente cercato di realizzare cambiamenti significativi per ottenere una maggiore integrazione e interoperabilità *BIM-GIS* [25]. Tale integrazione, permette di collocare qualsiasi modello di progetto nel suo vero contesto, consentendo il monitoraggio, la pianificazione e la gestione di tutti gli impatti a scala cittadina, nonché la valutazione degli aspetti economici, sociali ed ambientali [29]. La quinta fase del progetto di ricerca si è quindi concentrata sulla creazione della piattaforma *BIM-GIS* e dell'*AMS-app* per fornire una visualizzazione in tempo reale dell'*asset* UniTO con le relative proprietà, in una mappa digitale 3D interattiva. Questa piattaforma può essere considerata come un sistema "*GeoBIM*", poiché permette la connessione simultanea di modelli informativi, dati geografici e funzionali. L'interoperabilità *BIM-GIS* rimane comunque un passaggio critico e la convalida dei modelli *BIM* nell'ambiente *GIS* rappresenta un passaggio fondamentale all'interno della metodologia proposta, per dimostrare l'importazione accurata delle informazioni ad essi associate, nonché la loro accessibilità e fruibilità. Al fine di garantire la qualità dei dati inseriti, è stato implementato un *workflow* specifico che comprende l'esame delle coordinate geografiche e degli attributi. Dopo aver importato il modello nell'ambiente *ArcGIS Pro*, le coordinate geometriche dei vertici (X, Y, Z) sono state estrapolate utilizzando lo strumento "*Feature Vertices to Points*", quindi è stato selezionato un vertice con coordinate note per verificarne la corretta georeferenziazione spaziale (Figura 2).

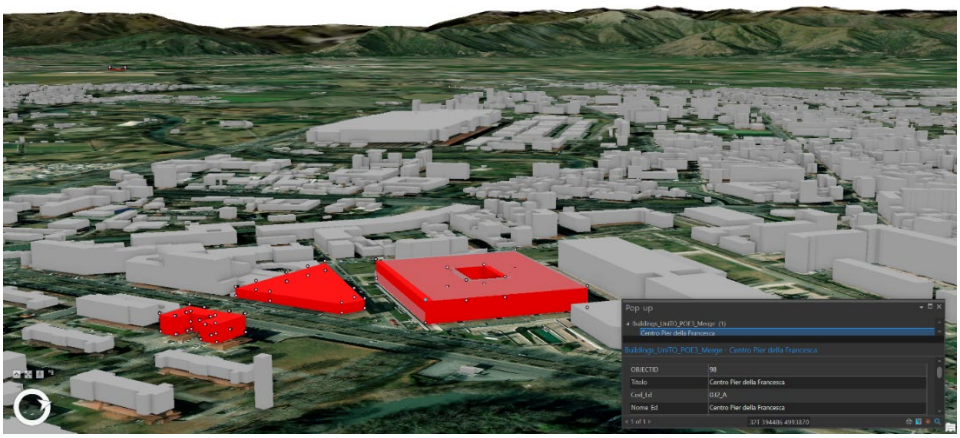

Fig. 2 Piero della Francesca, verifica delle coordinate geografiche in ArcGIS PRO

Le tabelle riassuntive contenenti tutti gli attributi associati ai modelli *BIM* sono state inserite all'interno della scena utilizzando il pannello: "Tabella attributi", questo ha permesso di controllare che i dati inseriti nell'ambiente *BIM* fossero stati mantenuti dal relativo attributo. L'obiettivo primario, come detto nel paragrafo precedente, era quello di rappresentare l'intero patrimonio UniTO e vista la consistenza e la varietà dei beni immobiliari che lo compongono, non è stato possibile integrare immediatamente l'intero *set* di attributi di ogni edifcio all'interno dell'ambiente *GIS*. Tutti i modelli *BIM* sono stati importati nella piattaforma *GIS* come masse georeferenziate con proprietà geometriche e semantiche, ma solo i modelli dei due casi studio selezionati sono stati integrati completamente, dettagliando le informazioni geometriche e semantiche dal livello dell'edificio, passando per il singolo piano, fino ad arrivare al singolo spazio. Dopo aver integrato tutte le masse *BIM* nella piattaforma *GIS*, si è passati all'ambiente *on-line*, ottenendo la mappa interattiva 3D dell'intero patrimonio UniTO che ne dà l'immediata percezione della consistenza e distribuzione territoriale. La mappa può essere esplorata e filtrata a diversi livelli informativi (*asset*, singolo edificio, piano e locale), consentendo di analizzare l'*asset* e prendere decisioni strategiche raccogliendo e visualizzando solo le informazioni necessarie, al livello di dettaglio desiderato.

4. RISULTATI

Il risultato cardine della ricerca appena illustrata riguarda lo sviluppo di un *AMS* e di una metodologia replicabile per l'integrazione di dati *BIM* e *GIS* di grandi patrimoni universitari diffusi, attraverso la definizione di un *database* centralizzato e di una piattaforma *web* interoperabile. L'obiettivo principale consiste nel facilitare la gestione delle informazioni e dei processi decisionali durante la fase O&M per migliorare l'esperienza degli utenti e l'uso ottimale delle risorse, in un'ottica più sostenibile. I due casi pilota sono stati individuati nell'ampio e complesso patrimonio UniTO, i cui 112 edifici sono stati tutti rappresentati come masse con un basso livello di dettaglio geometrico ed in seguito georeferenziati tramite un'applicazione *web* appositamente sviluppata (Figura 3). Due di questi edifici, caratterizzati da diversi livelli di complessità, sono stati scelti come casi di studio per testare ed affinare la metodologia sviluppata e sono stati integrati nella piattaforma attraverso modelli *BIM* con informazioni complete, dal livello dell'edificio fino a quello della singola stanza. Sebbene i relativi *dataset* siano attualmente incompleti rispetto a tutti i potenziali usi futuri dell'applicazione (Manutenzione, gestione di servizi e delle emergenze, simulazioni di folla, gestione dell'uso degli spazi, riduzione dei consumi energetici, ecc.), la maggior parte delle informazioni geografiche, spaziali e funzionali sono già state inserite nel *database* centralizzato e sono visualizzabili attraverso la *AMS-app* (Figura 3). Uno degli obiettivi primari è stato quello di trasformare la grande mole di dati a disposizione e necessari alla corretta gestione dell'*asset* in informazioni significative, oltre a fornire validi strumenti di supporto per scelte strategiche attraverso tecnologie di *Business Intelligence* (*BI*).

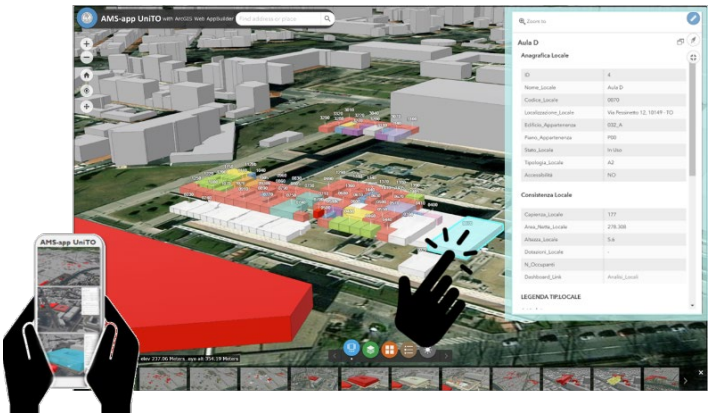

Fig. 3 AMS-app UniTO, Piero della Francesca, verifica delle coordinate geografiche in ArcGIS PRO

Dopo un'attenta analisi ed avendo riscontrato che *Microsoft Excel®* fosse il *software* principalmente utilizzato dalle diverse Direzioni Amministrative, *Microsoft Power BI®,* è stato scelto per poter ottenere la maggiore compatibilità possibile ed evitare eventuali duplicazioni dei dati. *Power BI®* è riconosciuto a livello mondiale come una delle migliori applicazioni per la gestione di grandi quantità di dati [30] ed ha anche la caratteristica di poter mostrare mappe *ArcGIS* tramite un apposito *plug-in* personalizzato. Una grande potenzialità riguarda poi la possibilità di lavorare su *dataset* senza alterarne la fonte. Utilizzando questa funzionalità assieme al *database* centralizzato precedentemente descritto, si possono sviluppare *dashboard* interattive e dettagliate, consentendo a gestori ed utenti di visualizzare rapidamente le informazioni di interesse ed interpretarle facilmente (Figura 4,5). I dati sono stati analizzati a più livelli di dettaglio, con l'intento di fornire numerose *dashboard* analitiche e raccogliere informazioni interattive a varie scale. Una prima tipologia di *dashboard* è stata costruita per analizzare complessivamente l'intero patrimonio (Figura 4) e mostra una mappa interattiva con i dati relativi alla sua consistenza (numero di edifici, nome, titolo, destinazione d'uso prevalente, entrate e spese di locazione…), oltre a diversi elementi interrogabili anche dagli utenti. Cliccando sui dati, è possibile filtrarli o aggregarli, allo stesso modo gli indicatori chiave di prestazione, possono essere modificati interagendo direttamente con mappe, grafici a barre e ad anello. Utilizzando l'*AMS-app*, è così possibile visualizzare rapidamente le informazioni senza dover chiedere l'accesso o l'estrapolazione delle stesse alle Direzioni competenti, così diminuiscono drasticamente i tempi di attesa e di decisone. Questo tipo di *dashboard* può essere particolarmente utile ai gestori, poiché fornisce rapidamente un quadro completo delle entrate e uscite annuali per le locazioni, inoltre, fornisce una chiara visuale della consistenza dell'*asset* e permette di ottimizzare l'allocazione delle risorse di conseguenza.

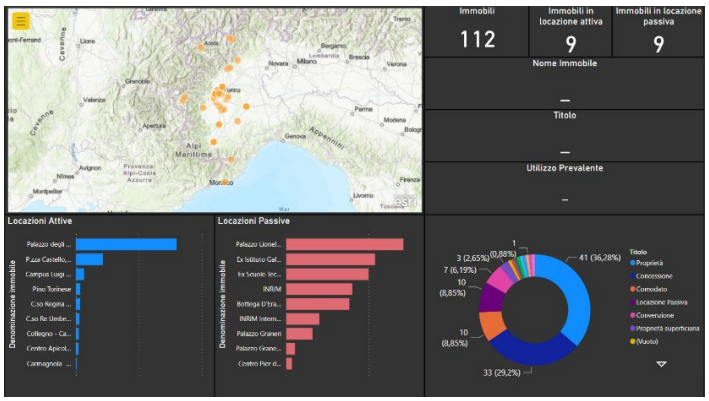

Fig. 4 Dashboard che mostra la distribuzione ed i titoli dell'intero patrimonio UniTO, con relative spese di locazione

Un'altra *dashboard* generale è stata sviluppata per visualizzare *l'asset* con la possibilità di ordinare e filtrate i beni ed i dati ad essi associati in base al Polo Didattico o al Dipartimento, in questo modo si può visualizzare immediatamente la localizzazione di un particolare Dipartimento o Corso di Laurea ed è possibile stimare velocemente anche la distanza tra edifici e spazi come i laboratori o gli alloggi universitari. Combinando queste informazioni con i dati sull'occupazione delle aule, sugli orari dei corsi ed i relativi iscritti, sarà possibile migliorare l'assegnazione degli spazi, ottimizzare l'uso degli edifici con i relativi servizi di manutenzione e pulizia, oltreché gli spostamenti degli utenti all'interno del *Campus*.
Sono state poi definite altri due *dashboard* per l'analisi del "Centro Piero della Francesca", successivamente replicate per il secondo caso di studio, che permettono di visualizzare le informazioni relative alle attività svolte nell'edificio con i dati che possono essere ordinati per corso o per anno accademico.
Un'ultima tipologia di *dashboard* è stata poi sviluppata per consentire l'analisi più approfondita delle attività a livello del singolo locale, in Figura 5 si riporta a titolo di esempio quella relativa all'occupazione dell'aula magna del secondo caso di studio, "Palazzo Nuovo". Attraverso questo tipo di *dashboard*, i dati precedentemente frammentati riguardanti l'occupazione dei locali durante l'anno, vengono integrati e rapidamente resi disponibili agli utenti o ai gestori, fornendo le informazioni necessarie per una corretta allocazione e occupazione degli spazi. Senza la *AMS-app* e questo tipo di *dashboard*, non era possibile determinare con certezza quali spazi fossero occupati ed in che modo, infatti, l'analisi dei dati ha confermato quanto rilevato dalle interviste al personale, ovvero che alcuni spazi fossero sotto-utilizzati, mentre altri sovra-utilizzati, con conseguente disagio per gli utenti e spese di locazione di ulteriori spazi esterni per tentare di risolvere il problema. La Direzione Didattica e gli altri uffici amministrativi potranno accedere e fare riferimento a queste informazioni per collocare i corsi in modo appropriato in base all'effettiva disponibilità di spazio ed all'occupazione prevista. Visualizzando i dati riguardanti lo sfruttamento degli spazi durante l'anno, si possono anche individuare possibilità di abbattimento dei costi di locazione, aumentare la consapevolezza circa l'effettivo uso delle aule e ridurre al minimo i costi di gestione relativi a servizi di pulizia, manutenzione, riscaldamento e condizionamento.

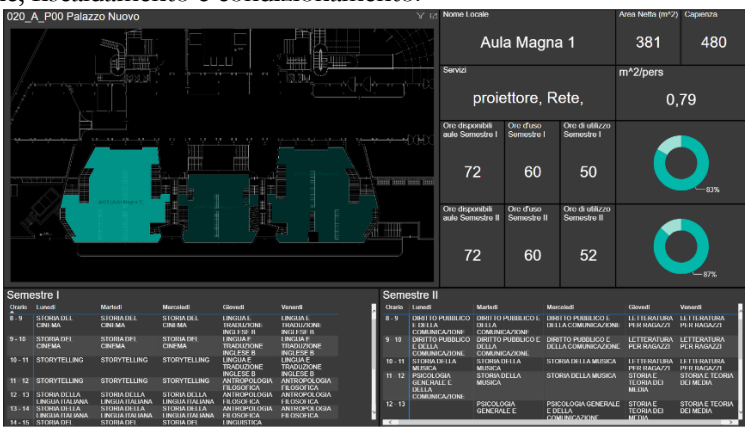

Fig. 5 Esempio di dashboard per l'analisi degli spazi di Palazzo Nuovo

5. CONCLUSIONI

L'articolo si è concentrato sulla descrizione dello sviluppo di un *AMS* basato sull'integrazione *BIM-GIS* per migliorare la gestione delle informazioni, i processi decisionali ed ottimizzare l'uso delle risorse durante la fase O&M del grande e diffuso *asset* immobiliare dell'Università di Torino. In particolare, è stata presentata la definizione di una metodologia replicabile finalizzata allo sviluppo di una *AMS-app* basata su un *database* centralizzato, flessibile e facilmente accessibile che raccoglie tutti i dati necessari all'ottimale gestione dell'*asset,* attualmente sparsi in diversi *database* difficilmente accessibili. La metodologia sviluppata, è stata testata e affinata attraverso due casi di studio con diversi livelli di complessità. Si è dimostrato il grande potenziale dell'integrazione *BIM-GIS* attraverso lo sviluppo dell'innovativa *AMS-app* che permette di

visualizzare e gestire l'intero patrimonio edilizio con i relativi attributi spaziali e funzionali, a diverso livello di dettaglio, tramite una mappa interattiva 3D direttamente interrogabile e collegata a *dashboard* analitiche, anch'esse interattive. Al momento, l'*AMS* è limitato all'uso di formati proprietari, ma in futuro si potrà passare ad utilizzare formati aperti (*IFC, cityGML*) per garantire una maggiore interoperabilità *BIM-GIS* ed un maggior grado di personalizzazione. Sarà anche condotta un'analisi approfondita per comprendere come automatizzare l'inserimento dei dati nel *database* sfruttando algoritmi di *machine learning*.
Sono state discusse anche le potenzialità dell'*AMS* proposto per risolvere le attuali difficoltà nella corretta allocazione degli spazi rispetto all'occupazione prevista per i diversi corsi di studio ed alla effettiva disponibilità di spazi. Tali difficoltà sono principalmente dovute al diffuso utilizzo di approcci gestionali ancora fortemente documentali ed isolati, piuttosto che collaborativi e basati su dati strutturati in maniera ordinata, coerente ed accessibile a tutti gli *stakeholders*. Il sistema gestionale basato sull'utilizzo dell'*AMS-app*, potrebbe quindi portare alla definizione di nuove procedure gestionali basate su dati completi, aggiornati e mantenuti in un database centralizzato e facilmente implementabile. La possibilità di visualizzare dati e grafici attraverso *dashboard* sintetiche e strumenti di *BI* collegati all'*AMS-app* consentirà una migliore gestione delle risorse finanziarie ed immobiliari dell'università, nonché la riduzione degli sprechi di risorse.
Le grandi potenzialità gestionali sono identificabili nella possibilità di: (i) razionalizzare l'uso degli spazi in base alla disponibilità effettiva, agli orari dei corsi ed all'occupazione, oltreché alla distanza tra i diversi edifici; (ii) ottimizzare gli investimenti immobiliari visualizzando il sovra o sotto sfruttamento degli edifici e degli spazi; e (iii) gestire le operazioni di manutenzione e pulizia in base all'uso effettivo degli spazi. L'obiettivo a lungo termine è quello di dotare gli edifici più importanti in termini di dimensioni, occupazione o complessità, di reti di sensori che rilevino il *comfort* termico, il consumo energetico, la presenza di persone e qualsiasi altro dato utile per una gestione efficace e proattiva della fase O&M. Questi dati saranno raccolti utilizzando il *database* centralizzato e visualizzati tramite *dashboard* personalizzate. Di conseguenza, i modelli *BIM* potrebbero essere utilizzati come base per sviluppare *Digital Twins* che permettano di ottimizzare in tempo reale le condizioni di *comfort* interno, il consumo energetico, l'evacuazione in caso di emergenza, le attività di manutenzione e l'occupazione ottimale. In questo modo, si potrebbe ottenere una gestione degli edifici e delle relative prestazioni in tempo reale o predittiva, oltre a migliorare l'esperienza dell'utente e a ridurre ulteriormente i costi di gestione e il consumo di risorse, migliorando la sostenibilità.

6. RINGRAZIAMENTI

Gli autori vogliono ringraziare l'Università di Torino per la disponibilità del caso di studio ed il *BIMgroup-Lab* del Dipartimento ABC del Politecnico di Milano per la collaborazione al progetto di ricerca.

7. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[1] Zaballos A., Briones A., Massa A., Centelles P. & Caballero V., A Smart Campus' Digital Twin for Sustainable Comfort Monitoring, 2020.

[2] Ward, Y., Morsy, S. & El-Shazly, A., GIS-BIM Data Integration Towards a Smart Campus. In, pp. 132–139, 2021.

[3] Zhu, J. & Wu, P., Towards effective bim/gis data integration for smart city by integrating computer graphics technique. Remote Sensing. MDPI AG, 13(10), 2021.

[4] Pärn, E. A., Edwards, D. J. & Sing, M. C. P., The building information modelling trajectory in facilities management: A review. Automation in Construction. Elsevier, 75, March, pp. 45–55, 2017.

[5] Lu, Q., Xie, X., Parlikad, A. K. & Schooling, J. M., Digital twin-enabled anomaly detection for built asset monitoring in operation and maintenance. Automation in Construction, 118 p. 103277, 2020.

[6] Villegas-Ch, W., Palacios-Pacheco, X. & Luján-Mora, S., Application of a Smart City Model 1275 to a Traditional University Campus with a Big Data Architecture: A Sustainable Smart Campus, 2019.

[7] Seghezzi, E., Locatelli, M., Pellegrini, L., Pattini, G., Di Giuda, G. M., Tagliabue, L. C. & Boella, G. 1236, Towards an Occupancy-Oriented Digital Twin for Facility Management: Test Campaign and 1237 Sensors Assessment, 2021.

[8] Chen, K., Lu, W., Peng, Y., Rowlinson, S. & Huang, G. Q. , Bridging BIM and building: From 1015 a literature review to an integrated conceptual framework. International Journal of Project 1016 Management. Pergamon, 33(6), pp. 1405–1416, 2015.

[9] Moretti, N., Ellul, C., Re Cecconi, F., Papapesios, N. & Dejaco, M. C., GeoBIM for built environment condition assessment supporting asset management decision making. Automation in Construction. Elsevier, 130, October, p. 103859, 2021.

[10] Bryde D, B. M. V. J. M. The project benefits of Building Information Modelling (BIM). International Journal of Project Management. Pergamon, 31(7), pp. 971–980, 2013.

[11] Charles M. Eastman, Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, K. L., BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers. Hoepli, 2011.

[12] Burrough, P., Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, 1986

[13] Liu, X., Wang, X., Wright, G., Cheng, J. C. P., Li, X. & Liu, R., A state-of-the-art review on the integration of Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information System (GIS). ISPRS International Journal of Geo-Information. MDPI AG, 2017.

[14] Yamamura, S., Fan, L. & Suzuki, Y., Assessment of Urban Energy Performance through Integration of BIM and GIS for Smart City Planning. In Procedia Engineering. Elsevier Ltd, pp. 1462–1472, 2017.

[15] Noardo, F., Harrie, L., Arroyo Ohori, K., Biljecki, F., Ellul, C., Krijnen, T., ... & Stoter, J., Tools for BIM-GIS integration (IFC georeferencing and conversions): Results from the GeoBIM benchmark 2019. ISPRS International Journal of Geo-Information, 9(9), 502, 2020.

[16] Ellul, C., Noardo, F., Harrie, L. & Stoter, J. The Eurosdr GeoBIM Project – developing case studies for the use of GeoBIM in practice, ISPRS Archives., pp. 33–40, 2020.

[17] Laakso, Mikael, and A. O. Kiviniemi. "The IFC standard: A review of history, development, and standardization, information technology." ITcon 17.9,134-161, 2012.

[18] Floros, G. S. & Ellul, C., Loss of information during Design&Construction for highways asset management: a GeoBIM perspective, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Copernicus GmbH, pp. 83–90, 2021.

[19] Ma, Z. & Ren, Y., Integrated Application of BIM and GIS: An Overview. In Procedia Engineering. Elsevier Ltd, pp. 1072–1079, 2017.

[20] Teo, T. A. & Cho, K. H., BIM-oriented indoor network model for indoor and outdoor combined route planning. Advanced Engineering Informatics. Elsevier Ltd, 30(3), pp. 268–282, 2016.

[21] Al-saggaf, A. & Jrade, A. Benefits of integrating BIM and GIS in construction management and control. Proceedings of ICSC'15: The Canadian Society for Civil Engineering 5th International/11th Construction Specialty Conference, pp. 1–10, 2001.

[22] Ma, Z. & Ren, Y., Integrated Application of BIM and GIS: An Overview. In Procedia Engineering. Elsevier Ltd, pp. 1072–1079, 2017.

[23] Kensek, Karen. "BIM guidelines inform facilities management databases: a case study over time." Buildings 5.3, 899-916, 2015.

[24] Atzeni, P. & De Antonellis, V. Relational database theory, 1993.

[25] Song, Y., Wang, X., Tan, Y., Wu, P., Sutrisna, M., Cheng, J. C. P. & Hampson, K. , Trends and opportunities of BIM-GIS integration in the architecture, engineering and construction industry: A review from a spatio-temporal statistical perspective. ISPRS International Journal of Geo-Information. MDPI AG, 2017.

[26] The Dynamo Primer, available: https://primer.dynamobim.org/, 2021.

[27] Boshernitsan, M. & Downes, M. Visual Programming Languages: A Survey, 2004.

[28] Salamak, M., Jasinski, M., Plaszczyk, T. & Zarski, M., Analytical Modelling in Dynamo. Transactions of the VŠB – Technical University of Ostrava, Civil Engineering Series. VSB - Technical University of Ostrava, 18(2), 2019.

[29] Esri Italia Available: https://www.esriitalia.it/news-ed-eventi/news/tutte-le-news/prodotti-news/724-gis-e-bim-la-rivoluzione-nella-progettazione, 2021

[30] Shaulska, L., Yurchyshena, L. & Popovskyi, Y. , Using MS Power BI Tools in the University Management System to Deepen the Value Proposition. In 2021 11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT). IEEE, pp. 294–298, 2021.